Environment CANADA Environnement
0020162F VOL ISS 15 1985
EXC
HD 9502.C32 C5513
CANADIAN ENVIRONMENTAL ADVISORY COU
NCIL. REPORT
OOFF

Soils Inability of Farmed Lands: Current Trends and Thinking

C.F. Bentley, P.Ag.
L.A. Lobb, P.Ag.

Canadian

Environmental

Advisory

Council

Report No. 15

Enquiries concerning the work of the Council and requests for Council publications should be addressed to:

The Executive Secretary
Canadian Environmental Advisory Council
c/o Environment Canada
Ottawa, Canada
K1A 0H3

© Minister of Supply and Services Canada 1985
Cat. No. EN 93-15/1985E
ISBN 0-662-13978-X

Ce rapport est disponible en francais

ACKNOWLEDGEMENT

The authors of this report were engaged in February 1983 to prepare a brief report constituting "an overview of current trends and thinking in the agricultural community on the impacts of land use and soil quality on agriculture, with particular emphasis on current trends including energy costs." The contract entailed a verbal agreement that one of the contractors would attend the following workshops and symposium as a means of ascertaining the current views of soil scientists regarding the sustainability of the productivity of farm lands under contemporary use: the 1983 British Columbia "Soil Degradation Workshop" at Harrison, British Columbia, February 17-18; the Alberta Soil Science Workshop at Edmonton, Alberta, February 22-23; and the "Soil Erosion and Crop Productivity Symposium" of the American Society of Agronomy at Denver, Colorado, March 1-3, 1983. Because of time constraints in the contract and the participation specified in the above meetings, there is emphasis in this report on conditions in Western Canada. However, the general principles are broadly applicable.

In order to obtain the opinions of a considerable number of soil scientists, in addition to those contacted at the workshops and the symposium, questionnaires were sent to a widely distributed array of soil scientists in Western Canada. The reponses and co-operation obtained were excellent. More than thirty soil scientists responded, returning questionnaires and providing a large number of reprints, papers and other publications related to the topics concerned.

We are pleased indeed to acknowledge with genuine thanks and appreciation the fine support and assistance received from fellow agrologists. Many of their papers are among the references listed.

We are also pleased to acknowledge with genuine thanks and appreciation the very helpful editing done by Mr. Max McConnell, the Executive Secretary of the Canadian Environmental Advisory Council.

C.F. Bentley, P.Ag.
McAllister Environmental
Services Ltd.
Edmonton, Alberta

L.A. Leskiw, P.Ag.
Pedology Consultants
Edmonton, Alberta

TABLE OF CONTENTS

PAGE

ACKNOWLEDGEMENT ii

FOREWORD v

INTRODUCTION 1

- A Bit of History 1
- Return to Reality 1
- Factors Which Influence Sustainability 2

FACTORS WITHIN THE DOMAIN OF FARMERS 4

- Salinization 4
- Erosion 4
- Depletion of Soil Organic Matter and Plant Nutrients 5
  - Organic matter decline 5
  - Nutrient depletion 6
    - *Nitrogen* 6
    - *Phosphate* 6
    - *Potassium, Sulphur and Others* 6
- Cropping Systems and Soil Management Practices 7
  - Summer fallowing 7
  - Preferred rotations 8
  - Moisture conservation 8
  - Acidification 8
  - Other degradations 9
- Summary 9

FACTORS IN THE PUBLIC DOMAIN 11

- Land Use Regulations 11
- Conversions of Agricultural Lands to Other Uses 11
- Strip-Mining and Other Land Disturbances 12
- Toxic Contamination 12
- Agricultural Education, Research and Extension 12
- Economic Policies for Agriculture 13

NATURAL OR EXTERNAL FACTORS 14

THE VIEWS OF SOIL SCIENTISTS 15

- Opinions on Degradation 15
- Opinions on Sustainability of Productivity 15
- Opinions Regarding Soil Conservation 15
- Summary Statement on Attitudes 16

SUMMARY 17

CONCLUSIONS 18

LIST OF TABLES

1. Fertilizer usage in Western Canada 1938-1979 19
2. Agricultural capability classes of land in Canada and of converted lands 19
3. Comparison of agrologists' services in soils-related activities for Saskatchewan and Montana 20
4. Opinions regarding land degradation in the Prairie Provinces 20

LIST OF FIGURES

1. Soil organic matter losses by soil zones in the Prairies 21
2. Diagramatic illustration of sources of nitrogen in a grain-production-only system on the Prairies 22
3. A comparison of U.S. and Canadian Federal government expenditures on soil and water conservation 23
4. A comparison of expenditures on soil and water conservation by Prairie Provinces and two adjacent states 24

REFERENCES 25

APPENDIX I. World Soil Charter 27

APPENDIX II. Report of the Soil Conservation Workshop, December 8 & 9, 1982 (The Canadian Federation of Agriculture) . 28

APPENDIX III. Questionnaires 31

FOREWORD

Introduction

This Report is a contribution to the national discussion on the future of agriculture in Canada. It supplements several recent thoughtful studies 1, 2, 3, and converges with them in concluding that sustainable production from farmlands is threatened under current institutional and technological arrangements.

Soil degradation and loss of arable land from agriculture are issues that are not normally perceived as having a high profile from an environmental point of view. Yet these issues are creating a growing level of concern in many parts of Canada. More and more evidence points to diminishing levels of native fertility and to the mounting losses of some of our most productive farmland.

In an effort to obtain a comprehensive overview of these problems, the Canadian Environmental Advisory Council commissioned Dr. C.F. Bentley, P. Ag., and Mr. L.A. Leskiw, P. Ag., to provide a background paper on current concerns, focussing particularly on the broader impacts of changing land uses and diminishing soil quality. The Bentley-Leskiw Report leaves no doubt that without changes in present farming practices, future agricultural production will be dramatically curtailed. Unfortunately, efforts to correct the problems are hindered by continuing myths about high levels in both quantity and quality of agricultural land in Canada.

Sustainability of Farmlands

In their assessment of agricultural problems, the authors present items of concern in three general categories that roughly indicate the extent of the farmers' control: those related directly to farm practices (in the farmers' domain); those mainly controlled by off-farm decisions (in the public domain); and those natural and external factors that can be controlled with difficulty if at all. The three are to some extent interrelated.

1) In the Farmers' Domain

These include issues such as salinization, soil erosion, depletion of soil organic matter and plant nutrients, inappropriate cropping and poor soil management systems, soil acidification, and soil compaction. Although these are most affected by farm activities, remedial action will often require assistance to the farmer at the socio-political level.

Salinization — the accumulation of injurious quantities of soluble salts in surface layers of the soil — has plagued irrigated agriculture for thousands of years. Now it is developing as a major problem on considerable areas of dryland farms in western Canada. Rough estimates suggest that in some areas salinization may be spreading at a rate of up to ten percent per year.

Soil erosion, in particular the loss of fertile topsoil through wind and water, is also a serious problem. Although difficult to measure, there is little doubt that direct losses from soil erosion are significant, as are the unwelcome side effects of sediment pollution in water and air.

Depletion of organic matter and of key soil nutrients are also identified as concerns that mount each year where cropping practices fail to offset the annual nutrient losses associated with humus disintegration and removal from the farm of each year's production. Related problems such as acidification and soil compaction result from intensive farming practices as farmers attempt to maintain high productivity with increased application of fertilizers, and with other mechanized activities.

2) In the Public Domain

Here are included such issues as land use regulations, conversion of agricultural lands to other uses, toxic contaminants, and land disturbances such as strip mining.

Land use regulations in particular are singled out as a subject of major concern as increasing amounts of prime agricultural land are diverted to other uses, frequently without a future recovery option for agriculture. Despite Canada's massive land base, only eight percent is suitable for continuing arable agriculture. Less than half of one percent can be classed as excellent to very good, and most such land is situated in highly populated corridors where alternative land use schemes are rampant. As prime agricultural land is lost, agriculture is shifted to much less productive land — and there are serious economic limits on how long this can continue. At the public policy level, means to stem the seemingly irreversible flow of land out of agricultural use must be found.

Strip mining and other land disturbances, while they affect smaller areas, have a potential nonetheless for reducing the agricultural land base. Such damage can be alleviated or offset by a responsible public policy approach that guides

environmental planning so as to maximize benefits over a long time horizon.

3) Natural and External Factors

Bentley and Leskiw note that soils, climates, and demographic characteristics of the farm population have a substantial impact on the types and successes of farming in different agro-ecological regions. While many of the challenges posed by external factors are beyond the direct control of either the public or the individual farmer, much can be done by recognizing the constraints, and then developing policies and management programs that both maximize the opportunities and minimize the potential failures.

Finally, surveying the three classes of problems, the authors conclude that radically new but practical long-term soil conservation policies and programs are needed to ensure the sustainability of Canada's farmed lands. To achieve that goal, they say, *society must be convinced that the need for the advocated programs exists — and that the benefits will be real.* As argued in the Sparrow Report[2], the issues must be kept alive and before the public.

The CEAC Perspective

The Canadian Environmental Advisory Council perceives current farming difficulties as part of a larger picture involving threats to all renewable resources and to the economic enterprises associated with them. Furthermore, the difficulties are world-wide and not confined to Canada. Lester Brown writes:

> Although the economic crisis of the eighties is exacerbated by economic mismanagement, its roots lie in the depletion of resources, both non-renewable and renewable . . . (The) unprecedented quadrupling in world food demand within 50 years is putting more pressure on many of the world's soils than they can sustain.[4]

Clearly, major environmental problems often grow incrementally and imperceptibly from policies and practices that have appeared to be benign. Today such policies and practices in agriculture, as well as in other renewable resource fields, must be challenged before they work irreversible harm on Canada's environmental wealth.

In a country such as ours where the economy visibly depends on the country's renewable resources, maintenance of that base should be a prime priority. Yet as stated in one of the working documents related to Council's submission to the Royal Commission on the Economic Union and Development Prospects for Canada[5]:

> Canada's renewable resources are in highly serious stages of erosion and debilitation. Across the board we have eaten into the "capital" stock and have failed to maintain the quality and quantity of those resources necessary for their continued productivity . . . Canadians are still carrying with them the frontier psyche, viz. "There is always more over the hill."

Environmental crises reflect wrong attitudes and questionable goals. In previous reports Council has stressed the importance of an ethic based on awareness of interdependencies, devoted to maintaining the functional diversity and beauty of the world.[6] For too long many Canadians have conceived their environment as merely a store-house to be plundered, rather than a living environmental system whose sustainment requires foresight and care. Because the earth's ecological systems have not been valued as sustainers and preservers of life and life's activities — including national economies — no ethical-economic sense of obligation toward them has been evoked. With little sense of environmental responsibility the prevailing view has been that whatever pays best today *is* best and, indeed, is *necessary*. Catastrophes reported almost daily in the media prove that such logic is false.

A Conserving Agriculture

In Council's view, two major agricultural questions have to be faced: How can the productivity of the land be sustained, and who are to be the conservation farmers of the future? The questions are related, and neither can be answered satisfactorily except in the context of sound environmental goals. As a major land use to which a substantial population is directly or indirectly wedded, agriculture over the long term has to be seen as part of a total environmental strategy that aims to sustain food production in integration with care of diverse landscapes, organisms, air, and water.

Soil erosion is not only an agricultural loss; it is also a cost in sediment pollution borne by aquatic ecosystems. Heavy fertilizer use may burden the environment, perhaps acting synergistically with acid rain, even as it boosts production of the target crops. Thus land use practices are central elements in environmental issues, and environmental protection translates into good land use.[7] Quoting the Standing Senate Committee on Agriculture, Fisheries and Forestry:

> Soil conservation cannot be dealt with in isolation from related issues such as water quality, land use, wildlife management, fisheries and forestry.[2]

Nor can soil conservation be separated from the contributions of good husbandry and stewardship made by those who wish to live on, and farm the land. Is it a coincidence that future prospects for both the soil and the rural family are endangered? It is also questionable if the family farm can survive without the concurrent survival of the rural community.

A major part of the problem with respect to current soil degradation and land misuse relates to a market-place which

is very much oriented to the short run. Economics is not adept at valuing the future. Thus farmers are encouraged if not compelled to adopt practices and cropping patterns that are inconsistent with long-run productivity. Since most farmers cannot survive if they ignore the short run in the interests of a longer term gain, the unavoidable result is land use that conflicts with production sustainability.

High costs of inputs and low prices for farm outputs force farmers to draw down their soil's capital. Mined-out soils are less the product of ignorance than of economic forces shaped by rising energy costs on the one hand and by cheap food policies on the other. In the present climate, farmers simply cannot internalize the costs of rebuilding the soil and stay solvent. Without attention to such realities, all the talk in the world about conservation farming is strictly academic.

For similar reasons, land diverted from agriculture to other uses is rarely evaluated with respect to long-term production potential, nor with an eye to predictable and increasing future needs for food. Given this improvident view of tomorrow, social programs and policies need to shift focus, placing greater emphasis on *future profitability* rather than on that of today, thereby allowing the market system to effect the needed changes in land use practices. The Environment Council of Alberta, for example, has recently suggested that compensation payments for agricultural land threatened by withdrawal be set at six times its current productive value.[8]

This is *social cost pricing*. As argued in Environment Canada's submission to the Royal Commission on the Economic Union and Development Prospects for Canada, far from neutering market economics, social cost pricing can help to restore the true efficiency of the market system.[9]

Logically, then, Council places the major responsibility for encouraging ecologically sustainable agriculture squarely on the non-farming population and on the governments whose members are largely drawn from it. We are overwhelmingly an urban society; the rural population is small. Those policies and programs that will either nourish agriculture and rural communities or force both into decline are largely in the hands of townspeople and legislators. Quoting Fairbairn in his report sponsored by the Agricultural Institute of Canada:

To date, the urban majority has instinctively and remorselessly pushed the rural minority into a pattern of mining the land: larger farms, ever more monstrous machines, and costly rivers of chemicals.[1]

Now, from 1984 on, all townspeople, research agencies, and all levels of government must remorselessly push farming toward conservation practices, and be prepared for the good of the country to shoulder the costs.

Dr. J.S. Rowe
Member
Canadian Environmental Advisory Council

References

1. *Will the Bounty End?* Garry Lawrence Fairbairn 1984. Western Producer Prairie Books, Saskatoon. 160 pp.
2. *Soil at Risk:* Canada's Eroding Future. A Report on Soil Conservation by the Standing Committee on Agriculture, Fisheries, and Forestry, to the Senate of Canada. Hon. H.O. Sparrow, Chairman. 1984. The Senate of Canada, Ottawa. 129 pp.
3. *Agricultural Land Degradation in Western Canada:* A Physical and Economic Overview. M. Anderson and L. Kapik, 1984. Canada Department of Agriculture, Ottawa.
4. *State of the World.* Lester R. Brown, 1984. W.W. Norton & Company, New York. 252 pp.
5. *Submission to the Royal Commission on the Economic Union and Development Prospects for Canada,* by the Canadian Environmental Advisory Council, Ottawa, 1984.
6. *An Environmental Ethic — Its Formulation and Implications.* Norman H. Morse, 1975. Canadian Environmental Advisory Council, Ottawa, Report No. 2. Also, *Toward an Environmental Ethic.* D.A. Chant. Ontario Naturalist magazine, March 1977.
7. *Land Use. Proceedings of the Fifth Joint Meeting of the Environmental Advisory Councils,* at St. Andrews, New Brunswick, 1980. Canadian Environmental Advisory Council, Ottawa.
8. *Maintaining and Expanding the Agricultural Land Base in Alberta — Summary Report and Recommendations.* Environment Council of Alberta, 1984. 8th Floor Weber Centre, Edmonton, Alberta.
9. *Sustainable Development: A Submission to the Royal Commission on the Economic Union and Development Prospects for Canada.* Department of the Environment, 1984. Ottawa.

INTRODUCTION

A Bit of History

During the last few years there has been rapidly increasing concern, worldwide, about the sustainability of the productivity of extensive areas of agricultural lands under contemporary usages. S[illegible]itists, other agrologists and environmentalists ar[illegible]s that have been endeavoring to alert governments an[illegible]e general public to the fact that in some regions there is ncreasingly urgent need for imaginative measures to halt serious degradation of agricultural soils.

The World Conference on Desertification held in Nairobi, Kenya, in 1977 was an international recognition that vast areas of cultivated and pastoral lands have been, and are being degraded to the extent that they have no current agricultural production. In additional large areas — millions of hectares per year — current usage is causing such degradation that the remaining agricultural production potential will soon be reduced to uneconomic levels unless effective remedial measures are taken very soon. Three Worldwatch publications confirm the effects of pressures on agricultural lands (Eckholm and Brown 1977, Brown 1978, and Brown 1979).

In November 1982, the 21st Session of the Food and Agriculture Organization (FAO) Conference adopted a World Soil Charter which the FAO staff had been directed to prepare. That Charter was also presented to the Executive Committee of the International Congress of Soil Science in New Delhi, February 1982. The World Soil Charter and the Plan of Action to Implement a World Soils Policy (ISSS 1982) are primarily concerned with prevention of the degradation of agricultural lands under use for agricultural production. Copies of these documents appear in this report as Appendix 1.

In the United States there has recently been an increasing amount of debate regarding the sustainability of agricultural production under current conditions. The magazine Science presented an editorial, "Soil for Oil?", which discussed whether American agricultural exports can be maintained in view of the extensive erosion and other types of soil degradation currently occurring there. In an article entitled "The Future of American Agriculture" (Batie and Healy 1983) the authors assessed attitudes at a recent interdisciplinary study of the long-term productivity prospect for American agriculture, and concluded that "perhaps a majority had an outlook which could be characterized as guarded optimism."

In Canada there was a great deal of concern about the sustainability of arable agricultural production in much of the prairie region of Canada as a consequence of erosion that occurred during the 1920's and 1930's. Millions of hectares of once cultivated land were so degraded that they were abandoned as farm lands. A comprehensive survey of soil degradation on the Prairies*, carried out by the University of Alberta in the late 1930s, found that, on the average, from Winnipeg to Edmonton, soils that had been cultivated approximately 25 years had lost about 20 to 25 percent of the original nitrogen and organic matter, as well as considerable amounts of phosphorus. However, the combination of the end of the drouth of the 1930's, the development of strip cropping and trash cover farming, the replacement of the binder and threshing machine by the combine, improved farm equipment, new improved varieties of grain crops, and the increasingly general use of fertilizers and pesticides on the Prairies resulted in steady yield increases and a general euphoria about agricultural productivity on the Prairies during the 1950s and 1960s.

In Eastern Canada abandonment of cultivation of very inferior lands and the combination of new agricultural methods, especially the dramatic increase in yields and production of corn and soybeans where those crops flourished, also resulted in considerable agricultural prosperity and optimism about the productivity of agricultural lands.

In British Columbia, agricultural expansion in the Peace River Region, "the last frontier", and intensification and specialization of agricultural production in the Fraser Valley as well as the Okanagan and Kootenay regions, also contributed to confidence in the improving productivity of farmed lands. But in 1974, recognizing the increasing competition for the very limited area of land suitable for agriculture, the B.C. government created the Agricultural Land Reserves to retain the suitable lands for agriculture.

In Canada, myths about the quantity and quality of agriculturally-suited lands have persisted to the present, and have contributed to a lack of realism regarding the sustainability and the agricultural production potential of this country.

Return to Reality

Reality is, however, slowly unfolding. Increasingly, during the past four or five decades, agrologists and farmers in the West have found that a variety of practices have become necessary to maintain, or to enhance, crop yields on arable lands that have been farmed for several decades. That has been most convincingly demonstrated by the rapid increase in the use of nitrogen fertilizer during the past two decades when

* In this report the word "Prairies" refers to the Prairie Provinces.

nitrogen fertilizer sales increased more than 30 times (Horner et al. 1980). A related indication of the effects of farming on the productivity of farm soils is a forecast, made in 1981, that by 1985 annual applications of more than 250,000 tonnes of lime may be needed in Alberta and northeastern British Columbia to offset the yield-depressing effects of soil acidity (Hoyt et al. 1981). Salinization is estimated to affect 2.2 million hectares of dryland and over 100,000 hectares of irrigated land on the Prairies — and dryland salinity may be increasing in some areas at a rate of 10 percent per year! (Vander Pluym in ASSWS 1981). Although admittedly extremely difficult to quantify, it has been estimated, by extrapolation of U.S. data to Canada, that soil erosion may be responsible for a 10 to 15 percent decline in crop yields (PFRA 1983).

Recent concerns about soil erosion in Ontario sparked a study to estimate the costs of soil erosion in that province. The resulting report (Wall and Driver 1982) estimated the annual cost of erosion in southern Ontario to be $68 million. Some soil scientists consider that to be a very modest estimate.

In late 1982 the Prairie Farm Rehabilitation Administration published the results of a massive attempt to evaluate the costs of soil degradation in the Prairies (PFRA 1982) and (PFRA 1983). That report estimates the present value to the year 2000 of measures to control soil degradation by erosion, salinization and decreased nitrogen supplying power of soils (organic matter decrease) at about $3.2 billion.

Another aspect of reality is the emerging comprehension that Canada has practically no remaining undeveloped prime agricultural land (Simpson-Lewis 1982). In Alberta concerns about the scarcity of, and the unnecessary conversions of quality agricultural land to non-agricultural uses, resulted in plans for province-wide public hearings to consider and discuss "Maintaining and expanding the agricultural land base in Alberta", which were initiated in the fall of 1983. That is particularly noteworthy since, among the provinces, Alberta has the largest area of land which is as yet undeveloped but is nominally suitable for arable agriculture.

The foregoing leads to questions regarding the sustainability of the productivity of farmed lands in Canada under historical, and contemporary, soil management practices and cropping systems. The questions posed are very timely because the era of exceedingly low-cost energy, whether for mechanical operations on farms or for high-energy agricultural inputs such as nitrogen fertilizers, has ended.

A timely question is: are attitudes changing regarding the sustainability of the productivity of Western Canadian farm lands? Let us consider that thought-provoking enquiry.

Factors Which Influence Sustainability

The farming regions of Canada are highly variable in soils, frost-free periods, amounts and characteristics of precipitation, as well as other climatic factors which affect — often determine — the types of commercial agriculture which are possible. It is no wonder then that many factors and practices have influences on the productivity of Canadian farm lands under use. A partial list of items to be considered in attempting an overall assessment of the sustainability of the productivity of our farmed lands includes the following:

Within the Domain of Farmers

Salinization.
Soil Erosion.
Depletion of soil organic matter and plant nutrients.
Cropping systems and soil management practices.
(Crop rotations and summer fallowing; moisture conservation — residue management, reduced or zero tillage, herbicides.)
Acidification, soil compaction, manure usage, grazing management.

Factors in the Public Domain

Land use regulations: soil conservation legislation and encouragement.
Conversions of high-quality lands to non-agricultural uses; drastic land disturbances.
Toxic contaminations: acidifying emissions; heavy metals; sewage disposal.
Agricultural education, research, extension.
Economic policies for agriculture.

Natural or External Factors

Soil characteristics: natural quality and composition.
Climate: precipitation and its distribution; frost-free periods and frost hazards; heat units and so forth.
Demographic characteristics of farmers.
International markets and economic conditions.

We cannot deal with each of the above factors in isolation. Many of them are interrelated, and sometimes they must be considered as offsetting influences. The following case illustrates the point. In a recent paper (Cardwell 1982), estimates were made of the sources of the increases which in 50 years raised corn yields in Minnesota from two to six tonnes per hectare. Some of the major components contributing to that yield change were:

Yield-increasing influences	Percentage of increase attributed
hybrid corn	58
nitrogen fertilizer	47
herbicides	23
changed planting techniques	46
Total increasing effects	174

Yield decreasing influences	Percentage of decrease attributed
less nitrogen coming from manure, soil humus and legumes	28
more insect damage	8
soil erosion	8
corn after corn (mono-cropping)	7
other unknown factors	23
Total decreasing effects	74

Although the foregoing data are illustrative rather than precise, they are of assistance in comprehending the complexity of determining whether the productivity of Minnesota soils was being maintained during the 50 years concerned.

It is therefore with considerable trepidation that we embark on a discussion of some factors influencing the sustainability of the productivity of farmed lands under use in Canada.

Salinization

Salinization, the accumulation of injurious quantities of soluble salts in the surface layers of soils due to some type of human activity, has plagued irrigated agriculture for thousands of years. In the Tigris-Euphrates region of Asia Minor and in parts of what is now Pakistan, marvellous systems of irrigated agriculture which existed over 2,000 years ago were ruined and rendered practically or entirely useless by salinization. Since the construction of the Aswan High Dam on the Nile about 20 years ago, some Egyptian lands that had been irrigated for thousands of years without salinization have begun to show deterioration due to salinization attributed to the recently changed water regimes. In parts of California, such as the San Joaquin Valley, increasing salinity currently threatens the survival of irrigation there (Pillsbury 1981).

In the Northwestern Great Plains region of North America and in parts of the savanna region of Western Australia that have been cleared for arable agriculture, salinization is an increasingly serious and rapidly spreading form of land deterioration (Vander Pluym 1978). Recently, PFRA (1983) published an overview of land degradation on the Canadian Prairies and concluded that salinization, which is estimated to affect 2.2 million hectares of dryland on the Prairies and 0.1 million hectares of irrigated land (Vander Pluym 1981), may be causing annual economic losses about four to five times as great as the combined annual economic losses due to erosion, loss of nitrogen and acidification. Rough estimates suggest that in some areas salinization may be spreading at a rate of 10 percent per year. It is not implied that such a rate of salinization will be sustained for very many years — if indeed that estimate was or is a reasonable approximation of the rate of salinity increase in all of the semi-arid areas of the Prairie Provinces.

The effects of salinization on agricultural productivity are highly variable. Yields may be only slightly affected with a low level of salinization, but massive salinization may prevent any crop growth. In estimating the productivity losses attributable to salinization, Vander Pluym et al. (1981) assumed an average productivity reduction of 66 percent on all salt-affected land. Others have mentioned yield reductions of 50 percent (Lilley, 1982, and Sanderson, 1982).

Because of very low expenditures for research, the extent of salinization in the Prairies is inadequately known and mapped. Preventative methods have not received adequate study either. For similar reasons, reclamation methods for salinized areas of the Prairies, where reclamation is possible, are not well developed, and in some cases expenditures by farmers of about $1,000 per hectare have not produced satisfactory results.

PFRA (1983) has estimated that the cumulative present value, at a five percent discount rate, of benefits through 1983-2000 from control of salinity on the Prairies could be about $2.5 billion. Thus, the general perception is that unless vast urgent programs of research, prevention and reclamation are mounted very soon, salinization will deteriorate increasingly large areas of farm lands.

It must be added that it is technically and/or economically impractical to reclaim a considerable amount of salinized land on the Prairies. On the basis of current technology and economic relationships, the productivity of some salinized land is permanently impaired.

Some of the causes of man-induced salinization are discussed in the section on "summer fallowing" commencing on page 7.

Erosion

When erosion occurs it is predominantly topsoil, the most fertile and valuable soil layer, that is most affected. The finer soil fractions, richest in nutrients and humus, tend to be separated by the processes of erosion, and they constitute disproportionate amounts of what wind and water erosion remove from farm fields. However, since the cultivated layer of a hectare of land contains about 2,500 tonnes of soil, and as most annual erosion losses range from perhaps less than 100 kilograms to a few tonnes per hectare per year, the difficulty of measuring such losses can be appreciated — especially given the year-to-year variability in the weather conditions which cause or are conducive to soil erosion.

The effects of soil erosion on the productivity of farm lands are exceedingly difficult to determine. This is especially true in the case of continuing year-to-year erosion, which does not result in deep rills and gullies, or massive dust storms which affect urban residents and block highways or fill ditches. Because of lack of research, there are no good data to reveal how much the productivity of Prairie farm lands has been reduced by erosion. In the United States generally, Pimental et al. (1976) estimated that yields may have been reduced by 10 to 15 percent by soil erosion. More recently, Cardwell (1982) has suggested erosion may have reduced Minnesota corn yields by perhaps eight percent.

A recent paper by De Jong et al. (1982) reports on a new way to determine the approximate rate of loss of topsoil by erosion. Cesium 137 (^{137}Cs) is a radioactive element that came to earth as fallout from atmospheric nuclear testing of the early 1960s. Cesium 137 behaves much like calcium in the soil, attaching firmly, but replaceably, to soil particles. It therefore remains in the cultivated topsoil layer of farmed soils. By determining the reduction of Cesium 137 on a knoll near

Saskatoon, De Jong et al. (1982) concluded that the knoll has lost about 10 percent of its topsoil in approximately 20 years. But the authors obtained results from only one location. Application of that technique extensively on the Prairies should provide a meaningful way of determining the general rate of topsoil loss by erosion during the past two decades.

The foregoing estimates do not include other large costs of soil erosion. Air and water pollution, the shortened life of reservoirs due to excessive sedimentation, eutrophication of lakes, the clogging of roadside ditches and drainage systems, erosion and corrosion of structures and property are additional unmeasured costs of soil erosion by wind and water.

The question of what amount of soil erosion can be tolerated without accumulated deterioration of the productivity of farm land to levels where commercial agriculture cannot be continued is especially complex. In the United States an approximation of "the tolerable rate of soil erosion" has been set at a maximum soil loss of 11.2 tonnes per hectare annually, but Larson et al. (1983) correctly state that the effects of soil erosion losses on the productivity of agricultural soils differ greatly with different soils.

Agricultural practices may rehabilitate soils deteriorated by soil erosion. Fertilizers may be used to augment the available supplies of nutrients depleted by erosion. Crop rotations and soil management practices may protect soil surfaces from further erosion — and indeed may rebuild erosion-resisting physical characteristics of soils while simultaneously increasing the total nitrogen content of soils. During the "dirty thirties" some millions of hectares on the Prairies became so deteriorated by soil erosion that it was impractical to continue arable agriculture on them. However, after extended periods of being seeded down to grass or grass/legume mixtures, some of those lands have been returned to grain production — under soil and crop management practices which have been effective in protecting the fields concerned from significant recent erosion. The fundamental threat of soil erosion is that it may raise the costs of crop production to prohibitively high levels, making it uneconomical to sustain the type of farming being practiced.

But erosion still affects millions of hectares in Western Canada annually. That is attributable to a variety of causes including: use of some soils not suitable for arable agriculture; failure of some farmers, indeed of some large areas or sub-regions, to employ known and proven practical methods of soil erosion prevention; the lack of research to develop effective and acceptable methods to cope with soil erosion in some areas and/or on some soils; and other reasons such as perturbations of weather or climate which increase greatly nature's erosive forces.

A recent "guesstimate" by PFRA (1983) suggests that the present value of accumulated benefits, at a five percent discount rate, from soil erosion control on the Prairies during the next 18 years could be about $270 million. Speculative as that figure is, it clearly reveals that soil erosion, if it continues unabated, will effect a considerable reduction in the productivity of Western Canadian farm lands.

In Eastern Canada, especially in Ontario and Quebec, expansion of corn production has lead to substantial but inadequately quantified increases in soil erosion. The problem is especially serious where mono-cropping of corn is practiced or where the two row-crops, corn and soybeans, alternate from year to year. The nigh returns from production of corn and soybeans have sparked a trend to larger and larger fields — and with row-cropping that too has tended to increase water erosion.

In Ontario, concern about the trend towards increased soil erosion has lead to the estimation of the annual cost of soil erosion at about $68 million per year for southern Ontario only (Wall and Driver, 1982).

In the final analysis the amount of soil erosion, over time, will be largely determined by whether:

- Canada has the wisdom to make the research investments needed to develop effective means of minimizing erosion;
- the income incentives and stability needed to induce farmers to practice soil erosion prevention are effective in encouraging farmers to do so; and
- society has the will to apply meaningful sanctions to those who inexcusably permit or cause unnecessary soil erosion.

Soil scientists, and the more advanced farmers, now know that, technically, soil deterioration by erosion is largely unnecessary and therefore inexcusable.

Depletion of Soil Organic Matter and Plant Nutrients

Organic matter decline: When virgin soils are brought under arable agriculture the quantity of plant residues returned to the soil is reduced. Sometimes almost everything is removed, as was the case when crops were bound and hauled away to be threshed, or when straw and stubble was, and is, burned off. In addition, cultivation of soil, and the moist conditions when no crop is growing on a soil, accelerate greatly decomposition of the original soil organic matter. Systems of continuous arable cropping, as in the corn-soybean areas of Ontario and the Prairie grain production areas, tend to maximize the decrease of soil organic matter. In the Prairie Provinces soil organic matter has declined by an estimated 36 to 49 percent (Figure 1).

Under arable agriculture without grasses and legumes in the cropping systems, the organic matter content of soil declines and the ability of native soil humus to provide nitrogen for crops decreases. Usually, under such systems nitrogen fertilizers are needed if yields are to be maintained (Figure 2). Because of the relationships in Figure 2, there has been a dramatic increase in nitrogen fertilizer use on the Prairies and in the continuous corn areas of Ontario. But nitrogen is not the only plant nutrient depleted by farming.

Nutrient Depletion: Agriculture is unnatural and unless there is complete recycling of all plant and animal materials (including people and their wastes too!), there is an inevitable depletion of essential plant nutrients from farmed lands. Nitrogen and phosphorus are the nutrients most extensively needed and used as fertilizers. Disregarding losses due to erosion, there has been substantial depletion of these elements from Canadian soils — especially Prairie soils — by agricultural production since the inception of farming.

The following discussion of nitrogen and phosphate balances in Western Canadian agriculture is based on data in Horner et al. (1980), ASSWS (1981) and La Bosse and McSorley (1981).

Nitrogen: Prior to the 1960s the nitrogen content of exported Prairie grains exceeded nitrogen fertilizer applications by more than ten times. In spite of the rapid increase in usage of nitrogen fertilizer during the 1960s and 1970s (Table 1), it was not until about 1978 that nitrogen applications approximately equaled nitrogen removals in grains exported from the Prairies. Nitrogen removals in all harvested materials — grains, hays and fodder, crop residues and pasture grazing — of Western Canada are still more than twice the quantity of nitrogen fertilizer applications. However, a very substantial, but variable and inaccurately known amount of fertilizer nitrogen is lost to crops due to denitrification and/or leaching.

To a degree fertilization of the soil may, in some cases, affect the total environment — air, water, soil and sub-soil. The fate of fertilizer nitrogen is, however, exceedingly variable depending on such factors as the kind of soil, cropping systems, soil management practices, seasonal precipitation conditions, temperatures during the February-April spring melt, and others. While soil scientists have documented the reductions in soil nitrogen and fertilizer nitrogen under arable agriculture, as well as the variability in amounts and the uncertainties regarding their fate, this is an area which, from both environmental and agro-economic perspectives, requires intensified research. The results of that research should enable losses to be controlled in some situations, but, realistically, not necessarily in all.

Although there is a slowly increasing use of leguminous crops, which on average increase soil nitrogen somewhat, it is clear that, overall, farming in Western Canada is still depleting soil nitrogen in the region. It also needs to be remembered that usage of large amounts of nitrogen fertilizer increase the acidity of some soils, thereby depressing yields of common crops.

Phosphate (P_2O_5): Until the rapid increase in fertilizer usage which commenced in the 1960s, phosphate removals in exported crops exceeded additions in fertilizers by at least threefold. By the 1970s increased use of fertilizers began to balance phosphate removals in grains. For example, during the period 1974 – 1978, phosphate removals in grain only were very nearly the same as fertilizer applications of phosphate. However, if phosphate uptake in grains, crop residues, hay and fodder, and by grazing are considered, and removal without returns is assumed, then fertilizer applications equalled only about 50 to 60 percent of removals during the 1974 – 1978 period. It is recognized that some of those removals do not occur and some manure is returned to the land. Overall, however, Western Canadian farm lands are still being depleted of phosphorus even though on considerable areas fertilizer additions currently exceed removals.

The proportion of fertilizer phosphate which is utilized by crops varies greatly. The rate of utilization is influenced by the same factors which affect the utilization of nitrogen, and also by the soil pH, soil minerology, and the chemical form of the phosphate fertilizer. However, the main removals of fertilizer phosphate from soils are by crops and by soil erosion. From an environmental perspective, there is therefore one primary concern, i.e. phosphate levels in water bodies as a result of soil erosion, compared to several concerns associated with fertilizer nitrogen.

The phosphorus status of Prairie soils merits consideration for several reasons. The soils of the region are generally rather low in crop-available phosphate. Soil tests in the fall of 1982 revealed the Prairies to have the lowest available phosphate status of any region in Canada and the United States (Anonymous 1983). Cereal grains have high requirements for phosphorus, about three-quarters of which ends up in the seeds — much of which is exported. Canada has no indigenous mine producing phosphate rock for fertilizers — all phosphate rock is imported. And finally, manufacture of phosphate fertilizers requires large amounts of ever more costly energy.

Thus, the sustainability of productivity of Prairie farm lands will be affected by the availability and cost of imported phosphate, and by the cost of the energy to process it into fertilizer.

Potassium, Sulphur and Other Nutrients: On the Prairies use of potassium and sulphur fertilizers is low compared to usage of nitrogen and phosphate. However, during the 1969 – 1979 decade use of potassium increased more than seven times and sulphur usage doubled (Horner et al. 1980).

(Table 1). Those increases result from some combination of improved methods for, and greater use of soil testing; increasing depletion of those nutrients in soils which had an initially low available supply; and increasing fertilizer awareness of farmers. For those reasons it is inevitable that the need for those and other nutrients will increase in the years ahead if the productivity of Western Canadian soils is to be maintained. However, with the exception of potassium, the quantities of other nutrient fertilizer applications are quite low and are therefore comparatively inexpensive.

Current technology enables the reliable identification of nutrient deficiencies and if there are incentive prices for farm products, productivity of farm lands will be sustained or enhanced with respect to the availability of nutrients other than nitrogen, phosphorus and potassium.

Cropping Systems and Soil Management Practices

Crop yields and their sustainability are affected greatly by cropping systems and soil management practices. In turn, those systems and practices are strongly influenced by agroclimatic characteristics and agro-economic conditions, including markets, in different regions. The cropping systems and soil management practices in the corn-soybean area of southern Ontario are in sharp contrast to those of the grain growing areas of the Prairie Provinces where precipitation/evapo-transpiration ratios, heat units, lengths of growing season, and markets require very different systems.

Because the commonest cropping system in the grain growing areas of the Prairies entails summer fallowing, and because that practice is very conducive to soil degradation, a discussion of it is in order.

Summer Fallowing: It is the most important cause of soil degradation on the Prairies. The reasons for that destructiveness are complex.

After the defeat of Louis Riel 100 years ago, it was too late for some of the farmer-soldiers to plant their crops. Good farmers tilled their fields a number of times during the summer to control weeds. The following year crops on the "summer fallowed" land were outstanding. Ever since, summer fallowing has been practiced on the Prairies, and currently, in spite of some reductions in recent years, about 30 percent of cultivated land is fallowed each year (Weaver et al. 1982).

Fallowing conserves some of the precipitation, and in the unnaturally moist warm fallowed soil, organic matter decomposition is rapid. Thus, insoluble and unavailable nutrients in organic matter, especially nitrogen, are converted to plant-available forms and accumulate in the soil — ready to nourish the crop of the following year. Thus, crops grown on land fallowed the previous year tend to benefit from accumulations of moisture and of available nutrients, and yields were, and sometimes still are, superior.

But summer fallowing tends to deteriorate land in several ways. Most soil erosion on the Prairies occurs on fallowed land. If land is clean tilled during fallow years, the bare soil is unnaturally exposed and wind and water erosion are encouraged by the tillage operations which crush and pulverize the soil. Fallowing accelerates the decomposition of soil organic matter and no crop residues are produced during the fallow year: the combined effects are a progressive decrease of soil organic matter over the years. Losses of nitrogen by denitrification and by leaching are greater from fallowed lands than from cropped fields. As soil organic matter is decreased by accelerated decomposition and erosion, and as tillage progressively breaks down soil structure, infiltration of precipitation is affected and runoff tends to increase. This, in turn, accelerates water erosion, contributes to wetness in low lying areas, and to reduced amounts of soil moisture on higher parts of fields. Summer fallowing is a major cause of higher water tables and salinization in groundwater discharge areas in the Prairies. It is the major cause of moisture leaching down in soils beyond the reach of plant roots. Leaching waters remove available nitrogen and dissolve salts in the soil parent materials. Thus, summer fallowing is a major factor contributing to the increasing need for and use of nitrogen fertilizers, and to salinization on the Prairies.

While the commonly cited reasons for summer fallowing are conservation of soil moisture for the following year's crop, weed control, and accumulation of available plant nutrients for higher yields, there are often other reasons for fallowing. Requirements for production of registered and similar seeds may specify that the seed must be produced on fallowed land. Warm soil temperatures in the spring speed the early growth of crops — and fallowed soils are normally warmer than soils of stubble fields. In the semi-arid region of the Prairie ecozone, soil moisture reserves in the spring before seeding are very important to crop prospects: if moisture reserves are low at what should be seeding time, a farmer has flexibility in being able to decide at that time to fallow, rather than to seed and run the risk of obtaining a poor crop because of the low soil moisture reserve. During the fallow year residue-borne diseases are largely eliminated as there is no living crop to support such diseases in the fallow fields. Finally, fallowing improves the efficiency of use of farm labor and machinery because fallowing is done during the summer when labor and machinery are not in use for production of the current year crop.

Overall, summer fallowing has soil-deteriorating effects on the Prairies. The cumulative effects of fallowing reduce the productive potentials of the lands concerned. Conservation tillage methods are important ways to reduce some of the adverse

effects of fallowing. However, with continuance of cropping systems which include fallowing, and without forage crops in the cropping system, the grain crops being produced become increasingly dependent on fertilizer nitrogen to maintain yields. Conversely, by providing crops with needed nitrogen in the form of fertilizer, fallowing on the Prairies can be, and is being reduced.

Preferred Rotations: From several points of view the ideal cropping systems for arable lands employed for the production of grains and row crops are ones which entail alternating periods of forage crops, preferably including or consisting of some legume crop, and cultivated crops such as grains or row crops. Such cropping systems minimize soil erosion as well as pest and disease problems, while contributing to the maintenance of soil fertility and to the favorable physical properties of soils. Unfortunately such environmentally desirable cropping systems are more complex to finance and operate. In the short-term they are not competitive in economic terms with intensive grain production systems such as corn or corn-soybeans in Ontario, and the Prairie grain production systems.

Moisture Conservation: Moisture conservation is not only important in the Prairie Provinces but in other parts of Canada where irrigation is of increasing frequency and interest.

Cropping systems which entail combinations of grain and forage crops tend to use precipitation more efficiently than grain-fallow systems, as illustrated by the Breton Plot data in Alberta (Bentley et al. 1971).

One of the long-standing justifications for summer fallow on the Prairies is the conservation of moisture during the fallow year in order to sustain and enhance the crop grown the following year. However, it is now contended that the combination of more efficient conservation of moisture by soil and crop management techniques, and the appropriate use of fertilizers, enables continuous, or more continuous, grain cropping. This, in turn, reduces the rate of soil deterioration and the environmentally objectionable effects attributed to summer fallowing. On that basis the Canada Grains Council confidently contends summer fallowing can be reduced substantially on the Prairies (Weaver et al. 1982).

Two of the techniques advocated for improved conservation of moisture on the Prairies have environmentally positive aspects. By harvesting grain in such a manner as to leave adjacent stubble strips of differing height, more snow is held on fields over winter, and so in the spring more moisture from the snow melt enters the soil. Minimum or zero tillage reduces greatly, or completely, cultivation between the harvest of one crop and the seeding of the next crop on the same field, while reducing both wind and water erosion potentials markedly.

Herbicides are used for much of the weed control with minimum tillage, while with zero tillage, only herbicides are used to control weeds. However, effective testing and monitoring of herbicides as conditions of licensing and use are needed to ensure there are no adverse environmental effects.

Acidification, soil compaction and some other types of soil degradation under agricultural use are minimized by the preferred cropping systems which include the production of both forage and cultivated crops.

Acidification: Acidification is a form of degradation of increasing concern in parts of Western Canada. In the Prairies soil acidity may be natural or induced by human activities.

The virgin soils of Western Canada had, and have, pHs — the chemical measure of relative acidity or alkalinity — ranging from extremely acid to extremely alkaline. Most plants, particularly crop plants, do not thrive on very acid or alkaline soils. Alfalfa and barley are examples of crops whose yield declines sharply when soil pHs are less than six.

In the Peace River Region about 30 percent of the soils are naturally so acidic that growth of alfalfa and barley is at least somewhat depressed, and yields are therefore rather low (Hoyt et al. 1974). Some soils of the region are so acidic that it is impractical to attempt production of those crops without correcting the acidity by costly applications of lime.

There are extensive areas of Solonetzic soils in the Prairies, especially in Alberta. In recent years it has been established that the rather low yields on some Solonetzic soils is in part due to the natural soil acidity of their topsoils. Again, liming of the affected areas, which are commonly very uneven and erratic in distribution, will correct the adverse acidic condition.

Human activities may affect soil pHs in one or a combination of several ways. Soil erosion, especially on knolls, may remove topsoil, exposing subsoil which in such cases is usually alkaline and calcareous. Such eroded areas commonly have less plant growth than adjacent soils with more favorable pHs and higher organic matter contents. Nitrogen fertilizers undergo chemical changes in the soil which result in production of $H+$ ions — the pH-depressing and acidifying ion. Many industrial operations and motor vehicles emit oxides of sulphur and nitrogen which either by direct absorption from the atmosphere by soil particles, or in the form of so-called "acid rain", have acidifying effects on soils.

Much of the agricultural land in Eastern Canada is naturally so acidic that most common crops do not give economically profitable yields without liming. Indeed, provincial government lime assistance policies recognize the desirability of increasing productivity of acid soils by liming. Unfortunately, "acid rain" and use of nitrogen fertilizers magnify the acidity problems of some soils. In Eastern Canada measurable decreases in soil pHs have occurred and it has been estimated (Coote et al. 1980) that perhaps 40 percent is attributable to the

acid rain phenomena and 60 percent to the use of nitrogenous fertilizers. The acid rain in that region results from acidifying emissions from industry and vehicles in both the United States and Canada, so control is a complex problem.

In coastal British Columbia and parts of the interior, the combination of natural acidity, high rainfall or irrigation, and considerable use of nitrogen fertilizer has resulted in a long history of liming to overcome unfavorable acidity of affected soils.

Although it has been clearly established that acidifying atmospheric emissions from some of the petroleum industry establishments in Western Canada do have some acidifying effect on soils within their spheres of influence, the significance of such acidification has not been quantified because of insufficient research. A few cases of intense soil acidification from sulphur dust carried from sour gas processing plants have occurred. Affected areas, usually a few tens of acres at most, have easily been reclaimed by liming.

In the Prairie Provinces generally, concern about soil acidity is recent. This is largely due to the recency of considerable use of nitrogen fertilizers. However, it was estimated in 1981 (ASSWS) that by 1985 nitrogen fertilizer-induced acidity may require use of over 250,000 tonnes of lime per year in order to offset the yield-depressing effects of acidity in Alberta and northeastern British Columbia. The use of lime in the Prairies is a new, relatively unknown, and rather costly practice which requires a special machine to apply the powdery material. It is virtually certain that regardless of official encouragements for farmers to lime acid soils, the use of lime will increase only slowly for some years at least.

As a consequence of the rapid increase in nitrogen fertilizer usage, and because of new understanding regarding the extent and effects of natural soil acidity, Prairie soil scientists now realize that liming will be an increasing necessity for maintenance of agricultural productivity of appreciable amounts of farm land. The Alberta Government has therefore instituted a lime freight assistance program with a view to increasing the productivity of acidified soils. However, economics — the costs and risks of investments in liming balanced against the prospective returns — will determine how much liming will increase productivity of acidified Prairie soils. Energy costs, to mine and process lime, to transport and apply it, will greatly influence how much liming will be done on the Prairies.

Other Degradations: A number of other factors such as overgrazing, failure to use recommended crop rotations, and soil compaction can all influence the productivity of agricultural lands. Quantification or evaluation of the effects of those factors is very difficult and consequently hard data are almost totally lacking. However, as mono-cropping increases, and as the sameness of some cropping systems and soil management practices continue, there is increasing awareness that, in some soils, a decline in favorable physical properties ("tilth") is affecting farm operations and performance of some crops.

Recently Paul and DeVries (1983) have reported that subsurface drainage, which reduces the dangers of soil compaction due to traffic on overly-moist soil, has had important beneficial effects in the lower Fraser Valley. However, the quantification of the adverse effects of compaction remain elusive even though that problem was recognized in the questionnaire discussed on pages 15 and 16 of this report.

Summary

Degradation of agricultural lands under use is clearly a topic of increasing concern. However, such deterioration may be categorized on the basis of severity, or of permanence, or of costs of reclamation — if indeed the latter is economically practical.

An increase in soil acidity due to use of nitrogenous fertilizers may severely affect yields, especially of sensitive crops. Fortunately, liming in accordance with soil test recommendations can correct acidity — and frequently increases productivity to levels above that of the original soil. But liming can be rather expensive, although the beneficial effects may last for a decade or two.

Soil erosion may reduce crop yields substantially although quantification of the reductions is usually very difficult. Perhaps loss of 10 to 20 percent of the topsoil in a field may not affect productivity greatly if an appropriate program of fertilization is followed — but fertilizers are costly and they do not replace valuable humus carried off by eroding wind or by water erosion. Topsoil loss usually reduces soil water-holding capacity, thus increasing drouth proneness. Erosion which removes all of the topsoil usually results in permanent impairment of productivity. Indeed, erosion sometimes prevents any future agricultural use of some affected areas by exposure of noxious subsoils, gravel deposits, or underlying geological bedrock. In most cases, however, appropriate use of fertilizers in combination with suitable cropping practices, sometimes production of forage crops only for long periods of time, can improve the productivity of erosion damaged soils, but perhaps may not return them to their original levels of productivity.

Salinization and/or waterlogging of agricultural soils usually results in severe impairment of agricultural productivity — or even the rendering barren of affected areas. Reclamation of affected soils, when possible, is usually expensive, costing as much as $1,000, or even more, per hectare. However, the productivity of reclaimed soils may increase rather slowly and perhaps not to the levels which applied before impairment. Salts removed by reclamation increase the salt content of waters and may affect the suitability for down stream uses

including domestic water supply, irrigation, wildlife, recreation, and industrial purposes.

Soils that have suffered degradation due to reductions in organic matter contents are affected in at least two yield-affecting ways: reductions in the release of nutrients such as nitrogen to forms which are usable by crops; and impaired tilth plus increased compaction, both of which affect crop growth on some affected soils. Often water holding capacity is reduced too. In most cases a combination of erosion prevention, appropriate fertilization and a suitable crop and soil management program can improve soil organic matter content and crop yields, although perhaps not to the levels which existed when the affected lands were first cultivated.

Commercial fertilizers are not a panacea for all ills of the soil. Sometimes certain fertlizers have an adverse effect on the pH of some soils, or on soil micro-organisms — although they may have beneficial effects on those soil characteristics on some other soils. Commercial fertilizers, like manure, have potential for some adverse environmental effects too. However, rising energy costs, and therefore rising fertilizer costs, will tend to depress fertilizer usage. That may lead to lower grain production unless grain prices rise relative to energy costs.

FACTORS IN THE PUBLIC DOMAIN

Land Use Regulations

Land use regulations deal with such matters as soil conservation, conversions of land to other uses and drastic land disturbances such as mining and extraction of gravel. Such matters can have important effects on sustaining the productivity of agricultural lands.

The lack of soil conservation legislation and of policies or programs that result in adoption of effective soil conserving practices by farmers is evident in Canada. PFRA (1983) contends that massive programs are now needed.

Another concern is the continuing unnecessary conversion of high quality agricultural lands to non-agricultural uses. In Alberta land conversion was one of the reasons for the public hearings held on "Maintaining and Expanding the Agricultural Land Base."

Conversion of Agricultural Lands to Other Uses

Over half of the highest quality (CLI class 1) agricultural land in Canada is within 80 kilometres of the 23 major urban centres in the country (Simpson-Lewis et al. 1982). Urban and industrial growth, together with improved transportation and the Canadian penchant for rural living have led to conversion of significant amounts of the best agricultural lands to other uses during the past three or four decades. The effects of such conversions on the long-term sustainability of agricultural production in Canada are inadequately appreciated.

In Canada only eight percent of the land is suitable for continuing arable agriculture. Land suitable for arable agriculture is divided into four classes which differ as follows:

CLI Class	Unofficial Lay Person Quality Description	Fraction of Canada's Land Area•	Relative Production Potential for Arable Agriculture*	Relative Direct Costs of Production per kg of Product Produced*
1	Excellent to very good	0.45%	1.00	1.0
2	Good	1.8%	0.80	1.3
3	Fairly good	2.8%	0.65	1.5
4	Marginal	2.8%	0.50	2.0
		7.9%		

* These are approximations for common types of arable agriculture. However, for excellent farmers the direct costs of producing grains or other arable land crops on Class 4 land are about twice as much per bushel (or per tonne) as they are for the same quantity of the same product when it is produced on Class 1 land, even on the same farm! Based on Hoffman (1971).

• Simpson-Lewis et al. (1982).

The lands best suited for agriculture are also the preferred lands for many other uses, and in bidding competitions for high quality land, agriculture loses. Such competition is usually most intense around cities where most of the land is of high agricultural quality. Central Alberta illustrates these relationships clearly. Thompson (1981) estimates that if trends of the recent couple of decades are permitted to continue, then by the year 2000 in the Edmonton-Calgary corridor conversions of agricultural land to other uses will be approximately as follows:

Type of Conversion	Hectares (rounded) 1980-2000	% of Conversion Land in CLI Classes 1-3
Annexation*	140,000	76%
Rural subdivision	210,000	52%
Annexation & rural subdivision	350,000	

* Includes a component of direct conversion.

If realized, those conversions would constitute approximately two percent of all CLI 1-3 land in Alberta and would include some of the best soils and be in the best agroclimatic areas of the province. The net effect would be to decrease the agricultural production potential of Alberta, which has about 24 percent of the total agricultural production potential of Canada, by more than two percent.

Canadian figures (Table 2) for the period 1966 – 76 show that 62 percent of the agricultural lands converted to other uses were CLI Classes 1-3 — · prime agricultural lands! Since that time legislation in British Columbia, Quebec and Newfoundland has slowed such conversion in those provinces but data to show the effects are not yet available.

It is indisputable that unnecessary conversions of high quality agricultural lands to other uses — conversions which are usually permanent — are indeed reducing the agricultural production potential of Canada. Unless there is to be a decline

in the total production of food by Canadian agriculture, the production lost from converted lands must be replaced by production on Canadian land of lower quality where direct costs of production are higher per unit of food produced. Any gaps in the domestic supply, caused by conversion of land which is in very limited quantity and devoted to specialized crops, would have to be made up by imported food. In either case, the effect of such conversions likely will be to increase the cost of food for Canadian consumers and for Canada's export market.

Strip-Mining and Other Land Disturbances

The petroleum industry, construction of reservoirs, land levelling for irrigation, power transmission, coal mining and gravel extraction entail land-disturbing activities with potential to affect the agricultural production potential of rather extensive areas. Prior to about 1960 there were few requirements controlling such activities after operators had obtained ownership of the surface and mineral rights. The moon-scape appearance of mined-out areas in the Estevan coal fields of Saskatchewan, some gravel and mine areas in Eastern Canada, and some pre-1960s coal areas in Alberta, are glaring examples of how unregulated mineral extraction can destroy almost totally the agricultural usefulness of considerable areas.

Concerns about the environment and the substantial effects of extractive industries on some farms and farming operations have resulted in the enactment of rather stringent regulations. For example, the Alberta coal policy requires that as a pre-condition to obtaining a mining permit the proponent must present a comprehensive reclamation plan which satisfies the following Government of Alberta requirement:

"The primary objective in land reclamation is to ensure that the mined or disturbed land will be returned to a state which will support plant and animal life or be otherwise productive or useful to man at least to the degree it was before it was disturbed."

Coal mining companies are required to post substantial financial bonds which are held until a "certificate of reclamation" has been obtained from the Government of Alberta. The first certificates of reclamation issued in Alberta were obtained by a coal mine at Forestburg in 1981 (Logan in CSEB 1982). That reclaimed area is now productive farm land.

Alberta now has legislation concerning pipelines, oil well sites and associated activities, seismic-lines, gravel pits, power lines and so forth, all of which require reclamation and/or minimization of adverse effects on the productivity of lands affected by those activities. Summaries of the more pertinent requirements are contained in the proceedings of a 1982 symposium "Agriculture and the Environment" (CSEB 1982).

Legislation governing land disturbing activities in the other provinces of Western Canada is generally similar to the Alberta provisions. A publication of the Lands Directorate of Environment Canada (Marshall 1982) provides a Canadian overview.

Reclamation of disturbed lands is a topic of high concern to soil scientists. The theme of the Alberta Soil Science Workshop in 1977 was "Soil Conservation Reclamation and Research". The 1983 program for that annual conference included a day devoted to soil conservation and reclamation: the latter topic focussed on strip mining and saline soils. There is much coal strip-mining in North Dakota and in Montana too. Annually, a conference considers progress and problems related to reclamation of strip mined areas in those States, and Canadian soil scientists are regular participants.

In recent years soil scientists and public agencies have become deeply involved in reclamation programs and research related to drastically disturbed lands. Indeed, a book of more than 700 pages (ASA 1978) entitled "Reclamation of Drastically Disturbed Lands" is concerned with restoring the production potentials of such lands. Application of existing knowledge and technology, which may entail costs of several to many thousands of dollars per hectare, makes it possible to meet the standard from the Alberta coal policy quoted above.

Toxic Contaminations

Agricultural land is the recipient of some toxic or contaminating materials in addition to acid rain. There have been, and continue to be, lead emissions from motor vehicles and accumulations that constitute significant contamination along heavy traffic routes. There is increasing concern about the effects of lead on health, and food is a major source of intake.

Sewage disposal problems increase as cities grow, and one method of disposal is application as sludge or by irrigation on agricultural land, which benefits from the nitrogen and other nutrients so supplied. However, sewage may contain cadmium and other heavy metal contaminants in addition to pathogenic organisms. Careful assessment should precede any program to dispose of sewage on agricultural land, and intense monitoring of products from that land is desirable.

Agricultural Education, Research and Extension

The increasingly sophisticated technology of agriculture results in the need for highly qualified agrologists for research and extension, and for ever better-educated farmers. Today, most successful farmers are operating a business employing more than $200,000 worth of capital. They need reliable research results transmitted to them by effective informed extension personnel. Such farmers need high levels of education in order to apply effectively the technical information they receive.

The inadequacy of the Prairie Provinces' provisions for agricultural research and extension, which compare rather favorably with such provisions in the rest of Canada, are graphically illustrated in Figures 3 & 4 and Table 3.

Economic Policies for Agriculture

The level and stability of income of farmers affects greatly the farming programs they follow. The questionnaire results given on page 15 of this report reveal a disturbing situation. The too frequent failure of farmers to employ recommended soil conserving and maintaining practices is attributed to uncertainty that they will obtain an economic return on the investments necessary to implement recommended practices. That clearly implies the need for economic policies for agriculture which will encourage farmers to maintain the productivity of their farms more effectively than is now being done in many cases.

Economic uncertainties make young people reluctant to embark on farming as a lifetime occupation and consequently there is a low rate of recruitment of young people to the occupation.

NATURAL OR EXTERNAL FACTORS

Soils, climate, markets and the demographic characteristics of farmers powerfully affect the types and success of farming in different agro-ecological regions.

Only five percent of Canada's land area is in CLI agricultural capability Classes 1 to 3. And less than 12 percent of all areas in Canada with any agricultural capability have an agricultural climatic suitability that is rated "fairly good" or better (Simpson-Lewis et al. 1982). The best areas in terms of soils and climate are the ones most threatened by conversions of agricultural lands to other uses, and the limited quantity of such quality lands is a natural and inadequately appreciated aspect of the Canadian scene.

Canadian farmers are an aging group. In 1976 more than 58 percent of farmers were over 44 years of age (Agriculture Canada, 1981). As a group, therefore, farmers tend to be conservative and resistant to change. Their average level of education compares unfavorably with the labor force in almost all other occupations in Canada. These characteristics of Canadian farmers are natural handicaps to adoption and implementation of improved soil conserving and maintaining farming practices.

It should be recognized that much of the economic uncertainty — the boom and bust cycle — is a result of the fact that about 30 percent of Canada's agricultural production is exported. International markets over which Canada has no control have very strong effects on Canadian agriculture. Lacking protective Canadian programs, the uncertainties of international markets affect soil conservation and maintenance in Canada.

THE VIEWS OF SOIL SCIENTISTS

The concerns of soil scientists about the sustainability of the productivity of agricultural lands in Canada have increased sharply in recent years. That is clearly reflected by the themes and topics of annual provincial soil science workshops since 1975. As one soil scientist said in February 1983: "Five years ago no one was talking about soil degradation; now everyone is concerned about it."

There are similar concerns in the United States. The Christian Science Monitor, a leading newspaper, has had several feature articles on the topic of agricultural land degradation. In 1983 both Science (Larson et al. 1983) and Scientific American (Batie and Healey 1983) have had major articles concerned respectively with soil erosion and the prospects for sustaining American agricultural production. In March 1983, the American Society of Agronomy held a nation-wide symposium for soil scientists and agronomists on the topic "Soil Erosion and Crop Productivity".

In order to obtain the opinions of a considerable number of soil scientists and other agrologists regarding degradation of agricultural lands under use and to ascertain their views about the sustainability of farm lands under use in Western Canada, two questionnaires were employed.

Opinions on Degradation

The first questionnaire requested the respondents to record their opinions on the relative importance of the predominant types of land degradation in various ecozones and under differing kinds of farming. They were also asked to rate the seriousness of each type of degradation they identified as low, medium or high. The tabulated results were converted to numerical ratings which enabled calculations of a type of comparative ranking based on the two evaluations. The results are summarized in Table 4.

It must be emphasized that Table 4 is merely an attempt to place numerical ratings on opinions which were not arrived at by any scientific method. However, the quantification of soil degradation factors is notoriously difficult — · and consequently the lack of clear technical data! Thus, the numbers in Table 4 at least reflect the opinions of a modest number of soil scientists in 1983, and seem to justify some conclusions.

- Overall, soil erosion is judged to be the most important form of soil degradation.
- Exclusive of the irrigated areas, the decline in soil organic matter content is deemed to be the second most serious type of degradation.
- Except in the wooded ecozone, salinization is considered to be about as serious, or more serious under irrigation, as the decline in soil organic matter content.
- Except for specialty cropping under irrigation, compaction is a rather lowly rated form of degradation.

Opinions on Sustainability of Productivity

The second questionnaire posed three questions. The introduction to that questionnaire and the first two questions, together with the results on a percentage basis from the 26 respondents, follow.

The energy crunch, the decline in the organic matter content of many farmed lands, and a variety of economic factors have recently been and currently are among the causes of some sharp changes in perceptions of agriculture in Western Canada.

1. Have your views regarding the sustainability of the productivity of our farmed lands changed during the last five years?

   31% No. 69% Yes. If Yes: 56% more optimistic; 44% less optimistic.

2. What is your current opinion regarding, in general terms for Western Canada, the sustainability of the productivity of farm lands under use:

   42%: productivity will be maintained.
   35%: productivity will be enhanced.
   15%: productivity will begin to decline in the near future.
    8%: productivity is already declining.

The foregoing results show clearly that there are conflicting opinions, among the agrologists surveyed, concerning the sustainability of the productivity of farmed lands in the Prairies. If a general characterization of the views expressed were attempted, it might be phrased in language similar to that employed by Batie and Healey (1983): "Overall, there seems to be cautious optimism."

Opinions Regarding Soil Conservation

The third question of the second questionnaire sought opinions regarding why recommended soil-conserving practices are not being employed by many Prairie farmers. The tabulated responses, on a weight-for-rank-basis, were transformed to numerical ratings and are entered below in the question as it was posed to the 26 respondents.

Many agrologists are of the opinion that soil conserving and maintaining technologies, which are well known and proven, are not adequately employed by many farmers.

Please rate (1, 2, 3, etc.) in order of importance those of the following items which explain failure of farmers to employ more fully soil conserving and maintaining technologies.

82: recommended practices are perceived as being impractical.
135: soil-maintaining practices cost money and returns on such investments are uncertain.
63: recommended practices are too difficult to employ.
89: the recommendations have not been validated under the harsh realities of a real farm.
104: adherence to old ideas; resistance to change.
*63: others causes.

If the foregoing opinions are even approximately correct, there appears to be need for new soil-conservation policies and programs if Prairie farmers are to be encouraged and assisted to adopt generally soil-conserving and -maintaining technologies which are of proven effectiveness and practicality, and which are economically attractive. Agrologists are not the only group holding such opinions. In December 1982 the Canadian Federation of Agriculture held a Soil Conservation Workshop. The report of that Workshop is attached (Appendix 2) because it presents so strongly the case — and urgency! — for new soil conservation policies and programs in Canada.

Summary Statement on Attitudes

The following is a summary statement of attitudes or outlook based on personal contacts, current literature, and the questionnaires. Soil scientists recognize that some lands degraded by erosion, salinization or some other causes cannot be reclaimed to their original levels of productivity at affordable costs. However, overall there is optimism that application of existing technologies would ensure maintenance, or in many case enhancement of the production potentials of most of the farmed lands of Canada.

* "Other causes" listed included: risk avoidance; the grain quota system; lack of long term research data; recommendations have not been adjusted to larger farms; resignation to a way-of-life; poor extension services (several times); short term pressures (several times); degradation is inconspicuous or not recognized.

SUMMARY

Myths to the effect that Canada's agricultural land resources "are almost limitless" and that the fertility of Prairie soils "is nearly inexhaustible" have persisted for too long. However, during recent years there has been a rapidly rising concern about the sustainability of the productivity of much of Canada's farmed land. It has been indisputably documented that massive soil degradation has occurred and is continuing to occur on vast areas of our farmland.

Central and Eastern Canada

In Central and Eastern Canada soil degradation is primarily due to: decline in the organic matter content of cultivated land, soil erosion which reduces soil fertility and impairs soil tilth, man-induced acidification due to use of nitrogenous fertilizers, "acid rain", and soil compaction which impairs moisture infiltration, aeration, and root development and penetration. Intensive row cropping such as continuous corn production or a corn/soybean rotation is a major concern due to the accompanying accelerated erosion and to the decline in soil tilth.

Prairie Provinces and British Columbia

In the Prairies, the main forms of farmland degradation are: soil erosion, decline in soil organic matter content and salinization due to irrigation or to "dryland saline seeps", impairment of soil tilth, and in some areas yield-reducing soil acidification resulting from: use of nitrogen fertilizers. A public agency, the Prairie Farm Rehabilitation Administration (PFRA) has estimated the cumulative present value, at a five percent discount rate, of benefits through 1983 – 2000 from control of salinity, soil erosion and soil organic matter decreases in the Prairies to be about $3.2 billion. The extensive practice of summer fallowing is by far the most important cause of soil degradation in the Prairie Provinces.

In British Columbia, soil deterioration under use is primarily due to erosion, acidification and compaction.

Conversions and Disturbances

Unnecessary conversions of high quality agricultural land to non-agricultural uses are also of growing concern in Canada, and worldwide! A large proportion of the prime agricultural land in Canada is within commuter distance of the major Canadian cities. Conversions of significant amounts of those lands to non-agricultural uses reduces agricultural self-sufficiency of the provinces, and only the Prairie Provinces are now food self-sufficient on a net trade basis. Moreover, replacement of lost food production potentials in the vicinities of cities by development of more remote land of lower quality increases food costs because unit costs of agricultural production rise with use of lower quality land (excluding consideration of investment in land).

Strip mining, pipelines and other drastic land disturbances and industry-related activities adversely affect consequential areas of agricultural lands in parts of Canada. Rather recent legislation intended to control such activities and requiring reclamation where it is feasible was very necessary.

Problems

Past and continuing deterioration of farmlands under use in Canada result from several continuing problems.

- Lack of adequate agricultural research to quantify the problems concerned and to find practical technical solutions to them.
- Insufficient demonstration and promotion of the practicality and proven economic benefits of known soil conserving and maintaining farming practices.
- Persisting cycles of "boom and bust" which cause farmers to hesitate to invest in soil-conserving and -maintaining practices because of uncertainties of a return on such investments.
- The reluctance of contemporary society to discipline in meaningful ways those who inexcusably abuse and misuse the land resource in serious and indisputable ways.

CONCLUSIONS

The authors of this review are of the opinion that massive, sustained, long-term soil conservation programs and policies by Canadian governments are urgently needed to ensure the sustainability of productivity of Canada's farmed lands.

To achieve that, society must be convinced that the need for the advocated programs exists — and that the benefits will be real!

Table 1. Fertilizer usage in Western Canada has increased dramatically during the period 1938-1979. Economic conditions have caused some sharp variations. (Adapted from Horner et al. 1980.)*

Year	Purchases of Plant Nutrients thousands of tonnes			
	Nitrogen (N)	Phosphorus (PO)	Potassium (KO)	Sulphur (S)
1938	1	4	.	.
1948	6	25	.	.
1958	15	30	.	.
1968	190	230	.	.
1970	110	100	6	26
1972	160	150	13	33
1974	300	290	9	43
1976	360	275	18	38
1977	370	250	26	37
1978	480	320	32	37
1979	590	375	42	40

* Data rounded.

Table 2. Agricultural capability classes of CLI classified lands and conversions therefrom.

	Percentages of the Land Classified for CLI Agricultural Capability[1]			Percentages of Conversions to Urban Usages by Land Classification 1966-76[2]		
	1-3[3]	4-6	7	1-3[3]	4-6	Others[4]
British Columbia	5	45	50	20	31	49
Alberta	27	62	11	66	19	15
Saskatchewan	52	48	—	78	11	11
Manitoba	40	52	8	92	8	—
Ontario	30	23	47	78	14	8
Quebec	8	16	76	51	34	15
New Brunswick	19	54	27	25	47	28
Nova Scotia	22	10	68	42	9	49
Prince Edward Island	72	23	5	100	—	—
Newfoundland	.07	47	52	—	58	42
Canada	25	42	33	62	22	16

[1] Adapted from Simpson-Lewis et al. 1982 (Table 2).
[2] Adapted from Warren and Rump 1981 (Table 14 and Figure 8).
[3] CLI Classes 1-3 are the best or "prime" agricultural land.
[4] CLI Class 7 + organic + other lands.

Table 3. Comparison of agrologists' services in soils related activities. (Adapted from PFRA 1983.)

Per Agrologist Year	Montana	Saskatchewan
No. of farm units served	434	1,392
Hectares of cropland	124,000	378,400
Value of crops produced	$10 M	$47 M

Table 4. Opinions regarding land degradation in the Prairie Provinces. Responses to a questionnaire.

	Prairie Ecozone				Boreal Ecozone
	Irrigated Farming		Grain Production	Mixed Farming	Mixed Farming
	Mixed	Specialty			
Number of opinions	13	6	23	21	17
Type of Degradation	Percent of most unfavorable possible rating*				
Soil erosion	61	69	78	78	79
Decline in soil organic matter	40	40	67	62	57
Salinization	73	56	66	58	25
Fertilizer induced acidification	36	48	21	20	41
Soil compaction	18	35	10	9	14

* The "most unfavorable possible rating" (100%) would have resulted if all respondents had assigned first rank to a degradation factor and if all had also assigned that factor a "high" rating for its seriousness.

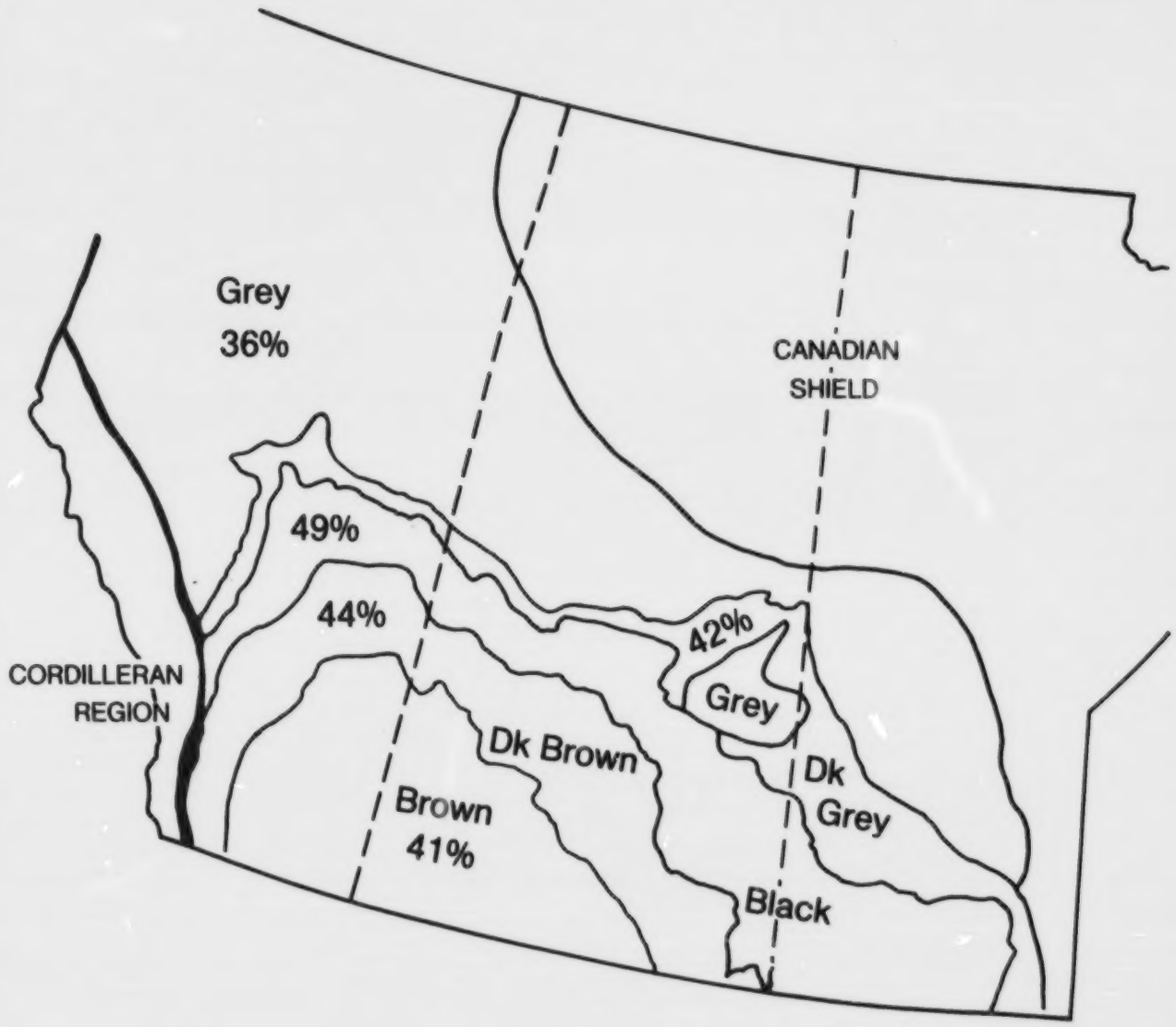

Figure 1: Percentage soil organic matter losses from the A horizons of soils in the various soil zones of the Canadian Prairies.

(From McGill et al in ASSWS 1981).

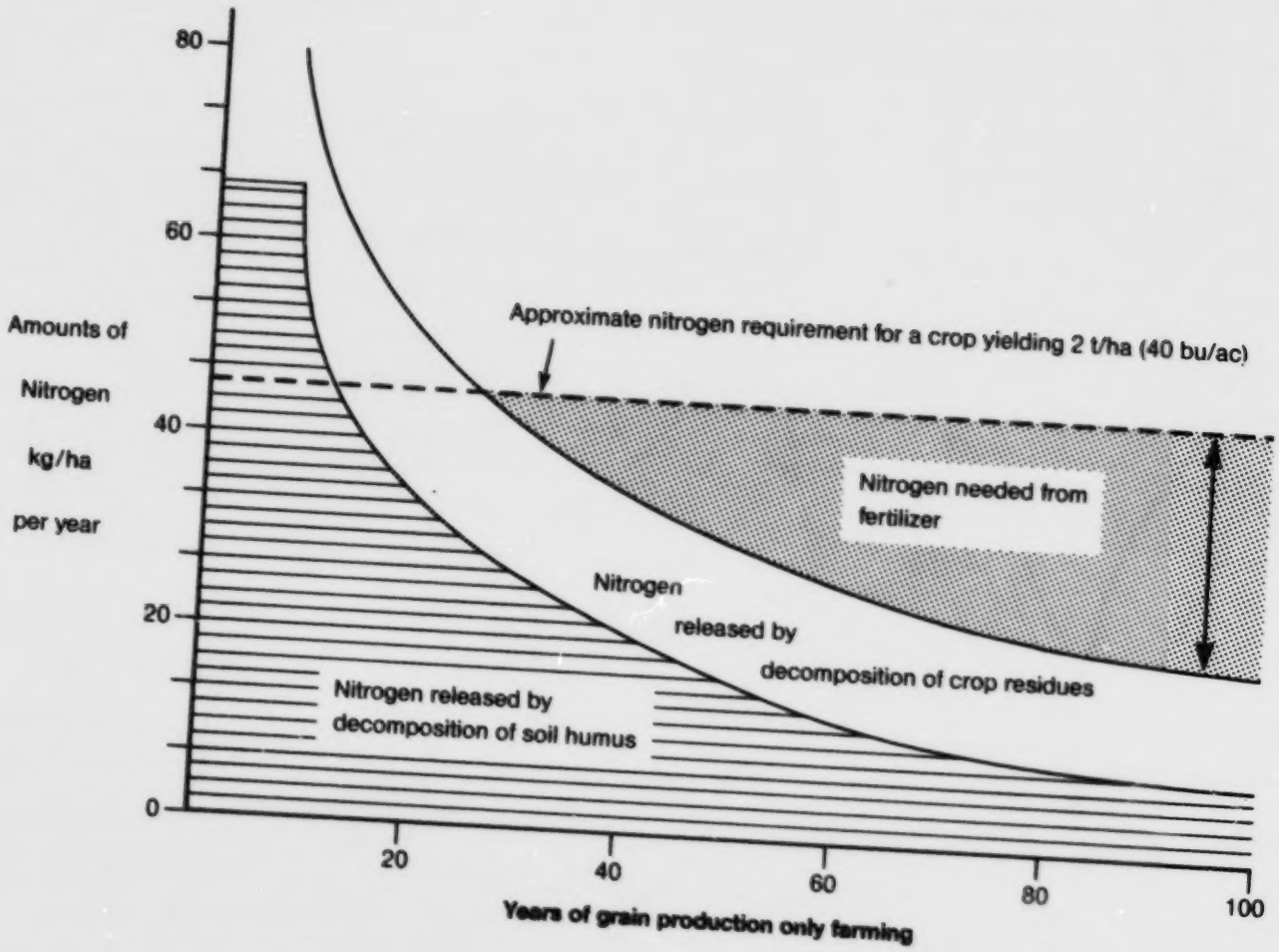

Figure 2: Diagramatic illustration of approximate sources of nitrogen needed to maintain grain yields of about 2 t/ha (40 bu/ac) of barley under a system of continuous grain production in the Prairie region. (Adapted from AFB 1982.) Note that this diagram illustrates plant requirements not supply, i.e., the amount of fertilizer nitrogen applied would normally be greater than the plant requirements because of losses due to denitrification and/or leaching.

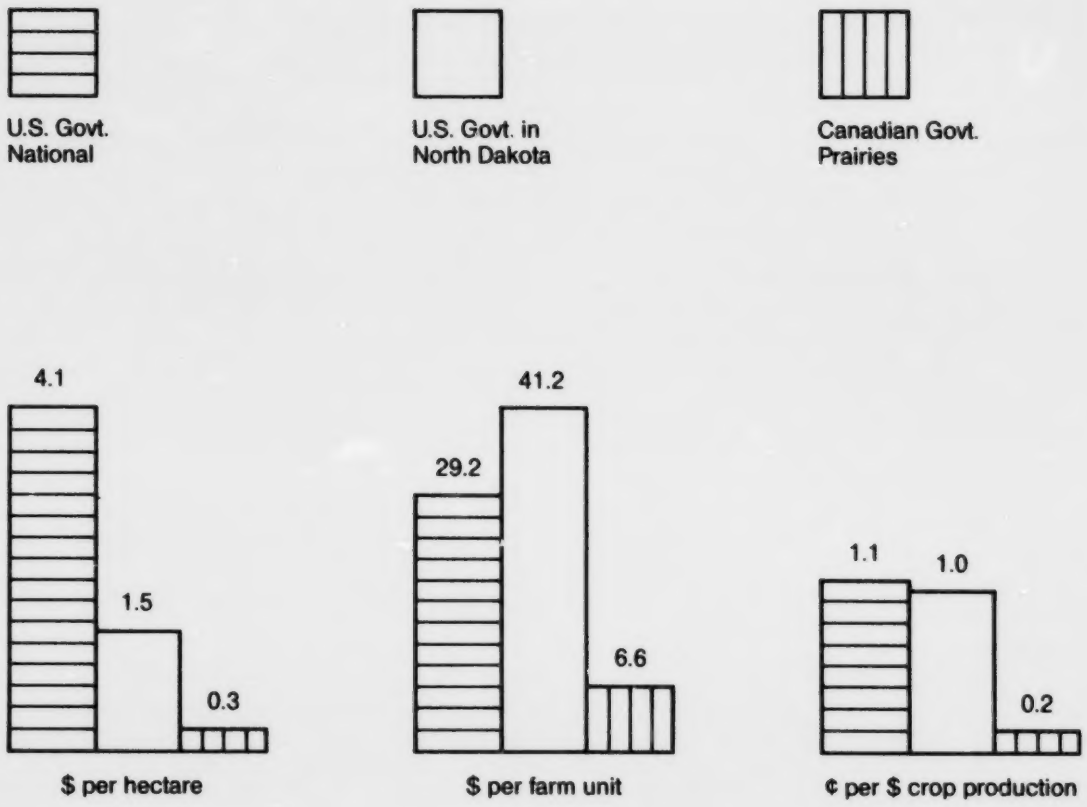

Figure 3: A comparison of American Federal Government expenditures on soil and water conservation and Canadian Federal Government expenditures on the Prairies, 1979. (Adapted from PFRA 1983.)

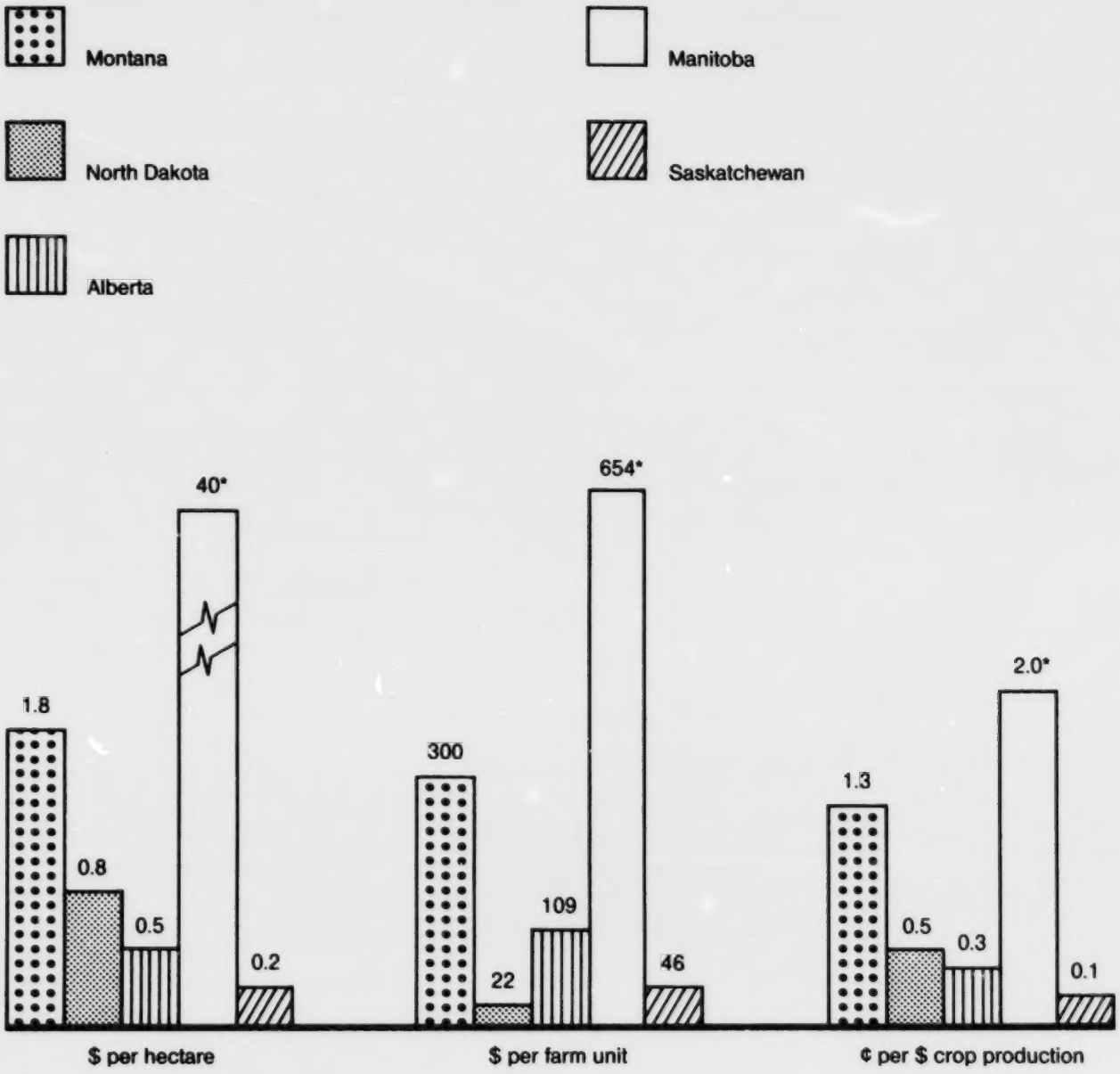

Figure 4: Comparative expenditures on soil and water conservation 1979 by Prairie Provinces and adjacent States. (From PFRA 1983.)

*The major part of the Manitoba expenditure was for drainage of wetlands or of flood prone areas.

REFERENCES

AFB. 1982. Soil Science. Agriculture and Forestry Bulletin, Univ. of Alberta, Edmonton, 5(4): pp. 22-39.

Agriculture Canada. 1981. Selected agricultural statistics for Canada and the provinces. Publication No. 81/2. Agriculture Canada, Ottawa.

Anonymous. 1983. Phosphate survey, fall 1982. Better Crops 67.

ASA. 1978. Reclamation of drastically disturbed lands. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.

ASSWS. 1981. Agricultural land, our disappearing heritage. Proceedings, Alberta Soil Science Workshop, Alberta Agriculture, Edmonton.

Batie, S.S. and Healy, R.G. 1983. The future of American agriculture. Scientific American 248(3): pp. 45-53.

Bentley, C.F., Henning, A.M.F., Peters, T.W., and Walker, D.R., 1971. Gray Wooded soils and their management. Bulletin B-71-1, Extension Faculty, Univ. of Alberta, Edmonton.

Brown, L.R. 1978. The worldwide loss of cropland. Worldwatch, Washington, D.C.

Brown, L.R. 1979. Food or fuel: new competition for the world's cropland. Worldwatch, Washington, D.C.

Campbell, C.A. and Souster, W., 1982. Loss of organic matter and potentially mineralizable nitrogen from Saskatchewan soils due to cropping. Can. J. Soil Sci. 62: pp. 651-656.

Cardwell, V.B. 1982. Fifty years of Minnesota corn production: sources of yield increases. Agron. J. 74: pp. 984-990.

Coote, D.R., Dumanski, J., and Ramsey, J.F., 1980. An assessment of the degradation of agricultural lands in Canada. Land Resource Research Institute, Agriculture Canada, Ottawa.

CSEB. 1982. Agriculture and the environment. Symposium Proceedings, Canadian Society of Environmental Biologists, Alberta Chapter, Univ. of Alberta, Edmonton.

De Jong, E., Villar, H., and Bettany, J.R., 1982. Preliminary investigations on the use of ^{137}Cs to estimate erosion in Saskatchewan. Can. J. Soil Sci. 64: pp. 673-684.

Eckholm, E. and Brown, L.R., 1977. Spreading deserts — the hand of man. Worldwatch, Washington, D.C.

Hoffman, W.D. 1971. The assessment of soil productivity for agriculture. ARDA Report No. 4, Univ. of Guelph, Guelph, Ontario.

Horner, W.H. et al., 1980. Western Canadian agriculture to 1990. Canada West Foundation, Calgary, Alberta.

Hoyt, P.B., Nyborg, M., and Penney, D.C., 1974. Farming acid soils in Alberta and northeastern British Columbia. Public. 1521, Agriculture Canada, Ottawa.

Hoyt, P.B., Nyborg, M., and Ukrainetz, H., 1981. Degradation by acidification. Proceedings, Alberta Soil Science Workshop, Alberta Agriculture, Edmonton.

ISSS. 1982. Bulletin of the International Society of Soil Science. No. 62. Wageningen, The Netherlands.

La Brosse, G., and McSorley, E., 1981. Canada's trade in agricultural products. Public. No. 81/4. Agriculture Canada, Ottawa.

Larson, W.E., Pierre, F.J., and Dowdy, R.H., 1983. The threat of soil erosion to long-term crop production. Science 219: pp. 458-465.

Lilley, John. 1982. Dryland salinity in Alberta. Environmental Council of Alberta, Edmonton.

Marshall, I.B. 1982. Mining, land use and the environment. Lands Directorate, Land Use Series No. 22, Environment Canada, Ottawa.

Paul, C.L., and De Vries, J., 1983. Soil trafficability in spring. 2. Prediction and the effect of drainage. Can. J. Soil Sci. 63: pp. 27-35.

PFRA. 1983. Land degradation and soil conservation issues on the Canadian prairies: An overview. Prairie Farm Rehabilitation Administration, Regina, Saskatchewan.

Pillsbury, A.F., 1981. The salinity of rivers. Scientific American 245(1): pp. 55-65.

Pimentel, D. et al., 1976. Land degradation effects on food and energy resources. Science 94: pp. 149-155.

Sanderson, Kim, 1982. Soil fertility, land productivity, and dryland salinity in Alberta: Summary. Environmental Council of Alberta, Edmonton.

Simpson-Lewis, Wendy et al., 1982. Canada's special resource lands: a national perspective of selected land uses. Map Folio No. 4, Lands Directorate, Environment Canada, Ottawa, Canada.

Thompson, Peggy S. 1981. Urbanization of agricultural land. Environmental Council of Alberta, Edmonton, Alberta.

Vander Pluym, H.S.A., 1978. Extent, causes and control of dryland saline seepage in the northern Great Plains region of North America. Proceedings, Sub-commission on Salt-affected Soils, 11th International Soil Science Congress, Edmonton.

Vander Pluym, H.S.A., Paterson, B., and Holm, H.M., 1981. Degradation by salinization. Proceedings, Alberta Soil Science Workshop, Alberta Agriculture, Edmonton.

Wall, G. and Driver, G.R., 1982. Cropland soil erosion: estimated cost to agriculture in Ontario. Ontario Instit. of Pedology, Univ. of Guelph, Guelph, Ontario.

Warren, C.L., and Rump, P.C., 1980. The urbanization of rural land in Canada, 1966-71 and 1971-76. Land Use Series No. 20, Lands Directorate, Environment Canada, Ottawa.

Weaver, G.D., Nilsson, M.J., and Turney, R.E., 1982. Prospects for the prairie grain industry, 1990. Canada Grains Council, Winnipeg, Manitoba.

THE WORLD SOIL CHARTER

The 1974 World Food Conference in Rome recommended that the Food and Agriculture Organization of the United Nations prepare a World Soil Charter, setting out the principles for the optimization of the land use on a global basis. At the 21st Session of the FAO Conference, held in November 1981 in Rome, such a World Soil Charter was formally adopted. A copy of the Charter was presented to the Executive Committee of ISSS at its 12th General Congress in New Delhi, February 1982, by the Director of the Land and Water Development Division of FAO, Dr. R. Dudal.

The Principles that form the core of the Charter are as follows:

1. Among the major resources available to man is land, comprising soil, water and associated plants and animals: the use of these resources should not cause their degradation or destruction because man's existence depends on their continued productivity.

2. Recognizing the paramount importance of land resources for the survival and welfare of people and economic independence of countries, and also the rapidly increasing need for more food production, it is imperative to give high priority to promoting optimum land use, to maintaining and improving soil productivity and conserving soil resources.

3. Soil degradation means partial or total loss of productivity from the soil, either quantitatively, qualitatively, or both, as a result of such processes as soil erosion by water or wind, salinization, waterlogging, depletion of plant nutrients, deterioration of soil structure, desertification and pollution. In addition, significant areas of soil are lost daily to non-agricultural uses. These developments are alarming in the light of the urgent need for increasing production of food, fibres and wood.

4. Soil degradation directly affects agriculture and forestry by diminishing yields and upsetting water regimes, but other sectors of the economy and the environment as a whole, including industry and commerce, are often seriously affected as well, through, for example, floods, or the silting up of rivers, dams and ports.

5. It is a major responsibility of governments that land use programmes include measures towards the best possible use of the land, ensuring long-term maintenance and improvement of its productivity, and avoiding losses of productive soil. The land users themselves should be involved, thereby ensuring that all resources available are utilized in the most rational way.

6. The provision of proper incentives at farm level and a sound institutional and legal framework are basic conditions to achieve good land use.

7. Assistance given to farmers and other land users should be of a practical service-oriented nature and should encourage the adoption of measures of good land husbandry.

8. Certain land tenure structures may constitute an obstacle to the adoption of sound soil management and conservation measures on farms. Ways and means should be pursued to overcome such obstacles with respect to the rights, duties and responsibilities of land owners, tenants and land users alike.

9. Land users and the broad public should be well informed of the need and the means of improving soil productivity and conservation. Particular emphasis should be placed on education and extension programmes and training of agricultural staff at all levels.

10. In order to ensure optimum land use it is important that a country's land resources be assessed in terms of their suitability at different levels of inputs for different types of land use, including agriculture, grazing and forestry.

11. Land having the potential for a wide range of uses should be kept in flexible forms of use so that future options for other potential uses are not denied for a long period of time or forever. The use of land for non-agricultural purposes should be organized in such a way as to avoid, as much as possible, the occupation or permanent degradation of good quality soils.

12. Decisions about the use and management of land and its resources should favour the long-term advantage rather than the short-term expedience that may lead to exploitation, degradation and possible destruction of soil resources.

13. Land conservation measures should be included in land development at the planning stage and the costs included in development planning budgets.

REPORT OF THE SOIL CONSERVATION WORKSHOP DECEMBER 8 & 9, 1982 - OTTAWA

(The Canadian Federation of Agriculture)

Across the country, in every region, Canada is experiencing a deterioration of its agricultural land base.

The reality of this deterioration has been obscured over the years, and still is, by the growing volumes of production that flow from Canadian farms as a result of scientific and technical advances in machinery use, varieties, fertilization, timeliness of cultivation and from expanded animal production, to name some. Nevertheless, accumulated indications are that the agricultural land base is deteriorating through loss of topsoil, decline in organic matter, deterioration in physical structure and chemical and nutritional imbalance. The challenge to Canadian farmers and to the Canadian public is to limit and reverse this deterioration. There is no doubt that the long-term costs of failure, economically, socially and environmentally will be very high. A major commitment, followed by sustained effort on all fronts, is required. The problems, and solutions that presently and potentially present themselves, are by their very nature long term; yet some problems are critical. On all fronts they need to be addressed.

With this broad statement, simplicity and generalization must give way to increasing complexity. It must be said that an understanding of the problem does not lend itself to finger-pointing and attaching of blame, since the economic and technical pressures and imperatives of modern farming cannot be ignored or easily dealt with. Present cropping practices are stressful to the land. In positive terms an understanding of how to crop land in accordance with its capacity for permanent, sustained production should be the objective. Tillage methods are central to the question, since cultivation of the land is itself the single greatest source of the problem, yet these must be adapted to the requirements of the soil and climate in all their variety and to the economic requirements for profitable production: but to say this just scratches the surface of the situation.

This stress on complexity is not intended as a counsel of despair. It is intended rather to emphasize that the response to the challenge of conserving our soils must be national in its dimensions, yet regional and most often site-specific in its method of attack. It must be sustained and systematic.

Although concern about the problems of soil conservation is by no means new, the 1970s has seen a rising level of awareness of the danger, and with it a greater understanding of the many-faceted and interrelated dimensions of the issues. Even so, the problem continues to receive on the whole a low level of priority in the preoccupations of farmers, policy makers, extension personnel and the general public. The reasons for this include the rising levels of production achieved in Canadian agriculture (as already noted), the economic pressures on producers for production efficiencies and short term productivity gains that are often not consistent with best conservation practice, the gradual nature of much of the degradation process, and the understandably sharp focus on commodity concerns not directly related to conservation questions by producers and their organizations. They are paralleled by a correspondingly low level of priority in budgetary terms by governments, and universities. There has been a reduction in university staffing for teaching and research in soil conservation that is in serious need of correction.

Nevertheless, conservation concerns are being given increasing emphasis by producers, scientists, governments and many members of the public, as the dangers of continued neglect of the problems become more apparent in the form of wind and water erosion, salinization, reduction of organic matter, soil compaction and loss of tilth — and externally in sedimentation problems in drainage systems, environmental damage and pollution by acid rain to name some. It was the conclusion of the conference that this increased interest and concern should be translated into expanded and widespread programs of action and public and producer education. How this might best be done was the principal focus of the Conference.

In approaching this task it is evident that a successful strategy must be based on a balanced and credible approach. It must firmly establish the necessity, indeed the urgency, of getting on with the job of ensuring that the quality of Canadian agriculture's land base is preserved on a sustainable basis for the future.

The conservation problems faced by the farming industry have arisen as a result of the farmers' response to new technologies and the pressures and opportunities of modern production and marketing. In Eastern Canada the abandonment of more traditional crop rotational systems in favour of single cropping; the costs and difficulties of adopting or maintaining known conserving cultivation techniques in the face of larger scale mechanization; the economic problems of utilizing increased yields of forage and the separation of crop and livestock production are all part of the story. In the West the deleterious effects of summerfallowing and tillage from the point of view of soil erosion and degradation are becoming increasingly recognized and systems and technologies that permit its elimination or modify its unfavourable effects are

being more urgently discussed. These observations are little more than illustrative of a very complex situation and evolution.

What is clear is that:

On present knowledge there is considerable scope for improved conservation practice by many farmers that would be beneficial to them even in the short run. In this context the problem is one of producer understanding and awareness of the problem and effective education, extension and demonstration to encourage adoption.

On present knowledge there is considerable scope for improved conservation practice which nevertheless is held back by real constraints of an economic nature — sometimes because of higher capital investment requirements, sometimes because of reduced income flows in the shorter run; and sometimes because of the unacceptability of the risks associated with major changes in farming systems. The economics of soil conservation are often poorly understood: research is needed.

There is also scope for improved conservation practices by methods which, in part, may be unproved, or which are not sufficiently fully developed and adapted to the many specific circumstances of soil, climate, and crops. This is a significant element in the problem of salinization, and in the development of satisfactory zero or minimum tillage methods. There are some problems that have causes external to the farming industry, of which an example in those areas affected is the acidification effects of acid rain.

There are definite needs related to the development of economically valuable alternative crops for incorporation in rotations (the Maritime potato industry) and for developing markets and marketing systems for forages grown in rotation, in particular legumes.

There is a wide variation in the extent to which farmers adopt good conservation practices. Many do, but it should be recognized that while soil conservation is partly a function of superior management and care for the steward-ship of the land, it may also be a function of the economic circumstances of the producer, and his ability to forego short term maximization of returns in the interests of the longer term conservation of the soil. It should moreover be recognized that farmers are frequently an important source of innovation in conservation techniques.

It is often said, and with a good deal of truth, that the essential basis of knowledge already exists as to the nature of our soils, the damage being done to them, and what needs to be done to halt and correct that damage. Yet it is not true that the answers are all in and that the job is exclusively an educational one, important though this is. It is in fact becoming increasingly clear that a systems approach to dealing with conservation problems is needed. The full environmental effects and interrelationships in conservation issues must be identified; the various interests affected must be involved; the research and development work required to understand the nature of the problems in each specific situation must be undertaken and adequately adapted technologies developed, and the economics of the problem and of alternative remedial action must be explored. For these purposes much study and research continues to be required.

It should be noted that the Canada Committee on Land Resource Services is an important institution for government and university program co-ordination. This Committee could make a particularly useful contribution by bringing together in documented form a review and assessment of present conservation concerns, technologies available for problem correction, programs in place, and identified research needs.

The question of the nature and significance of economic constraints in relation to conservation objectives was the subject of substantial discussion. One aspect, as already noted, was the need for more analysis of the economic implications of the application of scientific findings and new conservation techniques, some of which can involve substantial modification of farmers' practices. There was consensus on this in principle, one participant suggesting that a rather more basic shift in approach, from an orientation to maximizing production to one of maximizing farm profits by a careful selection of investment alternatives deserves examination.

Whether and to what extent programs of monetary assistance or incentives to farmers are required is of course a continuing issue. A definite body of opinion in the Conference was of the view that such programs are required, for a number of reasons. These included: the assumption of some of the risks associated with adoption of new technologies before they are more fully proved and widely adopted; the stimulation needed to overcome producer conservatism in the adoption of new technologies; the public acceptance of some portion of costs associated, particularly in the short run, with the adoption of conservation technologies that do not appear economic to the producer but which have long-run benefits to the public; and the acceptance by the government of costs which arise out of external circumstances such as the incidence of acid rain.

There was also a view that the real need was adequacy and security of returns to producers, permitting them to follow optimum practices with respect to the stewardship of the land. Whether such economic security would ensure stewardship was also questioned. Also raised were questions of the role, if any, of direct regulation and penalties. These matters were not resolved but clearly must be subject to ongoing careful study and decision.

The meeting emphasized the need for co-ordination of effort and agreed that one easily neglected need is that of carefully examining how existing agricultural programs and policies, and farm-related tax legislation impact on farm policies as these relate to conservation requirements. Such examination should be undertaken both on policies and programs now in place, and also on those that might be proposed. It may often be possible to choose policy alternatives or modifications that reduce negative impacts on adoption of desirable conservation practices and/or strengthen positive ones.

On the side of government financing, too, the question was raised as to whether the priority importance of conservation needs did not justify examining the possibilities for reduction in other agricultural programs. In response some participants indicated that agricultural spending priorities must be looked at in a broader context of public spending priorities.

As to priority needs in the development of an adequate conservation policy for Canada, the Conference identified the following clearly:

- Programs of public education and information to heighten the awareness and understanding by the general public of the nature of conservation needs and problems and the requirements for addressing them. In this connection it should be noted that a good deal of stress was placed in the Conference on the increasing recognition of the need to look at conservation questions in a systematic way in all its environmental aspects and impacts on various social and economic interests.
- Determined efforts to ensure that at the base of conservation programs should be locally based producer organizations which at that level would make decisions on the expenditure of available funds.
- The making of immediate commitments at the highest political levels and as well at the level of the community, to the objectives of optimal resource conservation, and in particular of the agricultural land resource.
- The effective introduction in school curricula, especially at elementary school level, of education in soil and water conservation, and the associated need for adequate training of teachers.
- A much strengthened orientation of agricultural extension and education to conservation needs, issues and programs.
- Strengthened programs of research, especially on an interdisciplinary basis, to develop programs and technologies that are well adapted to the great variety of site-specific problems and circumstances that successful conservation efforts must take into account.

A National Action Committee on Soil Conservation

The Conference addressed the question of what, if any, new institutions or processes should be put in place, nationally, to help ensure a stronger and better co-ordinated program of action in the soil conservation field.

It concluded first that an elaborate or highly bureaucratized structure is not needed, nor is one that is competitive with or replaces existing institutions and agencies. It concluded, however, that there is a very real need for a small national group to be formed, including especially representatives of producers, but also professionals representative of the various regions and professional disciplines involved, that would meet the presently unmet need for an active monitoring, and action-stimulating process. It would keep present programs, activities and problems under review, and assist to chart a course of action for meeting the soil conservation challenge.

It would assist the fostering of improved communication with and between farmers' organizations, governments, universities and other relevant agencies, encourage efficient co-ordination of effort, and public awareness of policy requirements. A small amount of money and staff resources would be needed to service the group, but it would not be highly structured or institutionalized. It was agreed that the Canadian Federation of Agriculture should take the responsibility for establishing such a Committee, in consultation with the Chairman of the Canada Land Resource Services Committee and other appropriate persons, and to seek necessary funding for it.

Sustainability of The Productivity of Agricultural Lands

The energy crunch, the decline in the organic matter content of many farmed lands, and a variety of economic factors have recently been and currently are among the causes of some sharp changes in perceptions of agriculture in Western Canada.

1. Have your views regarding the sustainability of the productivity of our farmed lands changed during the last 5 years?

   ____ Yes If Yes: ____ more optimistic; ____ less optimistic.

   ____ No

2. What is your current opinion regarding, in general terms for Western Canada, the sustainability of the productivity of farm lands under use:

   ____ productivity will be maintained.

   ____ productivity will be enhanced.

   ____ productivity will begin to decline in the near future.

   ____ productivity is already declining.

3. Many agrologists are of the opinion that soil conserving and maintaining technologies, which are well known and proven, are not adequately employed by many farmers.

   Please rate (1, 2, 3, etc.) in order of importance those of the following items which explain failure of farmers to employ more fully soil conserving and maintaining technologies:

   ____ recommended practices are perceived as being impractical.

   ____ soil maintaining practices cost money and returns on such investments are uncertain.

   ____ recommended practices are too difficult to employ.

   ____ the recommendations have not been validated under the harsh realities of a real farm.

   ____ adherence to old ideas; resistance to change.

   ____ other causes: please indicate what they are.

Date _____ Name _____

Position/occupation _____ Address _____

_____ _____

_____

Agricultural/Environmental Interactions

_____ **Ecozone** _____ **Farming**

Categories of Interactions

1. Effects of this type of farming on the land resource.
2. Stresses on such farming by external forces, natural and human.
3. Side effects of this agricultural activity on the environment.

Please rate listed items, including any you add in the spaces provided, in two ways:

- In the box on the left please list in order of seriousness (1, 2, 3, etc.) only those items which you consider to be of major significance in this ecozone and for this type of agriculture.
- In the space on the right please rate the intensity of the items as:

  L (low); M (medium); or H (high).

☐ Erosion

☐ Organic matter depletion ____

☐ Fertilizer acidification ____

☐ Soil compaction ____

☐ Salinization ____

☐ _____

☐ _____

☐ _____

☐ _____

☐ Permanent land conversions to other uses ____

☐ Urban-like regulations ____

Chemical contaminations:

☐ acidifying ____

☐ toxic ____

Climatic hazards:

☐ frost ____

☐ drouth ____

☐ Damage by wildlife ____

☐ Land speculation ____

☐ _____

☐ _____

Water contamination:

☐ sediments ____

☐ chemicals ____

☐ livestock wastes ____

Air contamination:

☐ dust ____

☐ chemical sprays ____

☐ odors ____

☐ _____

☐ _____

☐ _____

☐ _____

Date _____ Name _____

Position/occupation _____ Address _____

_____ _____

_____

_____

Environment CANADA Environnement
0016254B VOL ISS 15 850000
EXC
HC 120.E5 C2814
CONSEIL CONSULTATIF CANADIEN DE L'E
NVIRONNEMENT. RAPPORT
OOFF

Maintien de la productivité des terres agricoles : Options et tendances actuelles

G.R. Bentley, P.Ag.
L.A. Lozinski, P.Ag.

Conseil

consultatif

canadien

de l'environnement

Rapport n° 15

Les demandes de renseignements au sujet des travaux du Conseil doivent être adressées au:

Secrétaire exécutif
Conseil consultatif canadien de l'environnement
a/s Environnement Canada
Ottawa (Ontario)
K1A 0H3

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1985
N° de cat. En 93-15/1985F
ISBN 0-662-93181-5

This report is also available in English

REMERCIEMENTS

Les auteurs de ce rapport ont été engagés en février 1983 pour rédiger un bref rapport constituant "un aperçu des opinions et des tendances qui se manifestent actuellement dans le milieu agricole au sujet des répercussions de l'utilisation des terres et de la qualité des sols sur l'agriculture et surtout des tendances actuelles concernant les coûts de l'énergie". Le contrat renfermait un accord verbal selon lequel un des contractants devait assister aux ateliers et au symposium suivants afin d'évaluer les opinions actuelles des pédologues concernant la productivité soutenue des terres agricoles actuellement cultivées, à savoir le "Soil Degradation Workshop" tenu les 17 et 18 février 1983 à Harrison en Colombie-Britannique; "l'Alberta Soil Science Workshop", tenu les 22 et 23 février à Edmonton, en Alberta; et le "Soil Erosion and Crop Productivity Symposium" tenu du 1er au 3 mars 1983 à Denver, au Colorado, par "l'American Society of Agronomy". En raison des délais fixés dans le contrat et de la participation aux réunions mentionnées ci-dessus, l'accent a été mis, dans ce rapport, sur les conditions qui prévalent dans l'Ouest du Canada. Toutefois, les principes généraux peuvent s'appliquer dans bien d'autres régions.

En vue de connaître les opinions d'un grand nombre de pédologues, en plus de ceux qui ont été contactés lors des ateliers et du symposium, des questionnaires ont été envoyés à plusieurs spécialistes répartis dans tout l'Ouest canadien. Leurs réponses et leur coopération ont été excellentes. Plus de trente pédologues ont répondu, en incluant avec leur questionnaire un bon nombre de photocopies, d'articles et d'autres publications sur les sujets concernés.

Nous sommes particulièrement heureux de remercier sincèrement et cordialement nos confrères agrologues pour l'aide et le soutien exceptionnel qu'ils nous ont accordés. Un bon nombre de leurs articles figurent dans la bibliographie.

Il nous fait également plaisir de remercier sincèrement et cordialement M. Max McConnell, secrétaire exécutif du Conseil consultatif canadien de l'Environnement, qui a préparé ce texte pour la publication.

C.F. Bentley, Agronome
McAllister Environmental
Services Ltd.
Edmonton (Alberta)

L.A. Leskiw, Agronome
Experts-conseils en pédologie
Edmonton (Alberta)

TABLE DES MATIÈRES

PAGE

REMERCIEMENTS iii

AVANT-PROPOS vii

INTRODUCTION 1

Un brin d'histoire 1
Retour à la réalité 2
Facteurs qui influencent le maintien de la productivité 2

FACTEURS QUI RELÈVENT DES AGRICULTEURS 4

Salinisation 4
Érosion 4
Épuisement des matières organiques des sols et des nutriments végétaux 6

Réduction des matières organiques 6
Épuisement des nutriments 6

Azote 6
Phosphate 6
Potassium, soufre et autres nutriments 7

Systèmes de culture et méthodes de gestion des sols 7

Jachère 7
Préférence pour l'assolement 8
Conservation de l'humidité 8
Acidification 9
Autres dégradations 10

Résumé 10

FACTEURS QUI RELÈVENT DU PUBLIC EN GÉNÉRAL 12

Règlements relatifs à l'utilisation des terres 12
Conversion des terres agricoles à d'autres fins 12
Exploitation minière à ciel ouvert et autres perturbations des terres 13
Contamination toxique 14
Éducation, recherche et vulgarisation dans le domaine agricole 14
Politiques économiques pour l'agriculture 14

FACTEURS NATURELS OU EXTERNES 15

LES POINTS DE VUE DES PÉDOLOGUES 16

Opinions sur la dégradation 16

Opinions sur le maintien de la productivité 16
Opinions concernant la conservation des sols 16
Énoncé sommaire sur les attitudes 17

RÉSUMÉ 18

CONCLUSIONS 19

LISTE DES TABLEAUX

1. **Utilisation des engrais dans l'Ouest du Canada de 1938 à 1979** 20
2. **Classes du potentiel agricole des terres du Canada et conversion de celles-ci** 20
3. **Comparaison des services des agronomes pour les activités relatives aux sols pour la Saskatchewan et le Montana** 21
4. **Opinions concernant la dégradation des terres dans les provinces des Prairies** 21

LISTE DES FIGURES

1. **Pertes des matières organiques des sols selon les diverses zones des prairies** 22
2. **Diagramme des sources d'azote nécessaires dans un système de culture dans les Prairies, ne produisant que des céréales** 23
3. **Comparaison des dépenses faites par les gouvernements américain et canadien pour la conservation des sols et des eaux** 24
4. **Comparaison des dépenses faites par les provinces et deux états voisins pour la conservation des sols et des eaux** ... 25

BIBLIOGRAPHIE 26

ANNEXE I. Charte mondiale des sols 28

ANNEXE II. Rapport du colloque sur la conservation du sol, les 8 et 9 décembre 1982 (Fédération canadienne de l'agriculture) 29

ANNEXE III. Questionnaires 32

AVANT-PROPOS

Introduction

Le présent rapport est un élément de plus dans la discussion en cours au niveau national sur l'avenir de l'agriculture au Canada. Il complète plusieurs études sérieuses publiées récemment[1,2,3], et conclut avec elles que la productivité soutenue des terres agricoles est en péril, dans le contexte actuel, si l'on conserve les techniques en usage.

La dégradation des sols et la perte de terres arables agricoles sont des problèmes qui ne sont généralement pas perçus dans toute leur gravité, du point de vue environnemental. Pourtant, ils suscitent de plus en plus de préoccupations dans bien des régions du Canada. On dispose davantage de preuves du déclin de la fertilité naturelle des sols et du fait que certaines de nos terres agricoles les plus productives sont progressivement consacrées à d'autres usages.

Afin d'avoir une vue d'ensemble de ces problèmes, le Conseil consultatif canadien de l'environnement a chargé les agronomes Dr C.F. Bentley et Dr L.A. Leskiw de rédiger un mémoire sur les préoccupations actuelles, notamment les effets les plus généraux des changements dans l'utilisation des terres et de la diminution de la qualité du sol. Leur rapport ne laisse aucun doute: si l'on ne modifie pas les méthodes agricoles actuelles, la production agricole future sera sérieusement réduite. Malheureusement, les efforts visant à corriger les problèmes sont entravés par le mythe solidement ancré de l'abondance des terres agricoles de grande qualité au Canada.

Rendement soutenu des terres agricoles

Dans leur évaluation des problèmes, les auteurs présentent les points préoccupants sous trois grandes catégories, interdépendantes dans une certaine mesure, et qui indiquent jusqu'à quel point l'agriculteur peut agir : ceux reliés directement aux méthodes agricoles (qui relèvent de l'agriculteur); ceux qui relèvent de décisions qui ne sont pas prises par les agriculteurs (du domaine public); ainsi que les facteurs naturels et externes qui sont peut-être maîtrisables, mais difficilement.

1) Facteurs qui relèvent des agriculteurs

On retrouve sous cette catégorie des facteurs comme la salinisation, l'érosion du sol, l'épuisement des matières organiques et des nutriments végétaux, les méthodes inappropriées de culture et de gestion des sols, l'acidification et la compaction du sol. Bien que ces facteurs dépendent surtout des activités agricoles, l'agriculteur aura souvent besoin, pour prendre les mesures qui s'imposent, de l'aide des instances sociopolitiques.

La salinisation, c'est-à-dire l'accumulation de quantités nocives de sels solubles dans les couches arables fertiles du sol, est depuis des milliers d'années le fléau des terres agricoles irriguées. Elle devient un problème de plus en plus aigu pour un grand nombre de terres sèches de l'Ouest du Canada. D'après des estimations préliminaires, la salinisation pourrait se propager dans certaines régions à un rythme de dix pour cent par année.

L'érosion du sol, surtout l'érosion de la couche arable par le vent et l'eau, constitue également un problème grave. Bien que difficile à mesurer, l'érosion cause très certainement des pertes importantes de terres arables, sans compter les effets néfastes des charges sédimentaires dans l'air et dans l'eau.

L'épuisement des matières organiques et des nutriments clés est également un problème qui s'aggrave chaque année là où les méthodes de culture ne permettent pas de compenser les pertes annuelles en éléments nutritifs associés à la désintégration de l'humus et à l'enlèvement de la production annuelle de la ferme. Les problèmes connexes, comme l'acidification et la compaction du sol résultent de méthodes intensives de culture, les agriculteurs essayant de maintenir une productivité élevée par un usage accru des fertilisants et de la machinerie.

2) Facteurs du domaine public

Figurent dans cette catégorie des questions comme les règlements relatifs à l'utilisation des terres, la conversion des terres agricoles à d'autres fins, les contaminants toxiques et les perturbations du sol, par exemple l'exploitation minière à ciel ouvert.

Les règlements relatifs à l'utilisation des terres, en particulier, sont un sujet de grandes préoccupations car un nombre plus grand de terres agricoles de première qualité sont converties à d'autres fins, souvent sans possibilité de retour à une utilisation agricole. En dépit de l'immensité de l'inventaire du Canada, seulement huit pour cent des terres conviennent à une exploitation agricole soutenue et moins d'un demi pour cent ont un potentiel excellent ou très bon; outre la plupart sont situées dans des corridors fortement peuplés où foisonnent les projets d'utilisation des terres à d'autres fins. À mesure que nous perdons nos meilleures terres agricoles, nous devons nous tourner vers des terres beaucoup moins productives. De sérieuses restrictions économiques nous empêchent d'aller trop loin dans ce sens. Au niveau de la politique publique, il faut trouver des moyens d'endiguer la perte quasi irréversible des terres agricoles.

L'exploitation minière à ciel ouvert et d'autres perturbations des sols touchent des zones plus restreintes, mais viennent néanmoins réduire notre potentiel agricole. Il est possible d'atténuer ou d'éliminer ces dommages par une politique publique rationnelle qui orienterait la planification environnementale de façon à maximiser les avantages à long terme.

3) Facteurs naturels ou externes

Selon Bentley et Leskiw, les sols, le climat et les caractéristiques démographiques de la population agricole ont des effets appréciables sur le type d'exploitation agricole et de réussite dans les diverses régions agro-écologiques. Bien que nombre des défis posés par les facteurs externes échappent aux possibilités d'intervention directe du public ou des agriculteurs en particulier, il est tout de même important de reconnaître les contraintes qui existent dans ce domaine pour mettre ensuite au point des programmes de gestion et des politiques pour augmenter à la fois les possibilités et minimiser les pertes potentielles.

Après un survol des trois catégories de problèmes, les auteurs concluent à la nécessité d'établir des politiques et des programmes de conservation des sols à long terme, radicalement nouveaux mais pratiques, pour assurer le maintien de la productivité des terres agricoles du Canada. À cette fin, disent-ils, *il faut persuader la société de l'absolue nécessité d'établir ces programmes — et de la réalité des avantages.* Pour paraphraser le rapport Sparrow[2], il faut sensibiliser la population et éviter que l'opinion publique ne s'endorme.

Le point de vue du CCCE

Le Conseil consultatif canadien de l'environnement estime que les problèmes que connaît actuellement l'agriculture ne sont qu'une partie d'un vaste ensemble menaçant toutes les ressources renouvelables et les entreprises qui en dépendent. En outre, le phénomène n'est pas limité au Canada, il est mondial. Lester Brown écrit :

Bien que la crise économique des années quatre-vingt soit exacerbée par une mauvaise gestion de l'économie, elle prend ses racines dans l'épuisement des ressources, tant renouvelables que non renouvelables . . . (Le) quadruplement sans précédent de la demande alimentaire mondiale en-deçà d'un demi-siècle exige des sols plus qu'ils n'en peuvent supporter.[4]

Il est évident que souvent, les grands problèmes environnementaux grossissent imperceptiblement et cumulativement par l'absence de politiques et de méthodes qui semblaient anodines et qu'il faut maintenant, tant en agriculture que dans les autres secteurs des ressources renouvelables, remettre en question avant qu'elles n'endommagent l'environnement du Canada de façon irréversible.

Dans un pays comme le nôtre, où l'économie dépend de toute évidence des ressources renouvelables du milieu, la protection de cette ressource fondamentale est d'une priorité absolue. Pourtant, pour reprendre ce que le Conseil communiquait à la Commission royale sur l'union économique et les perspectives de développement du Canada, dans un de ses documents de travail[5] :

Les ressources renouvelables du Canada sont dans un grave état de détérioration. Nous avons partout empiété sur nos actifs et n'avons pu maintenir ces ressources aux niveaux de quantité et de qualité nécessaires pour assurer leur productivité . . . Les Canadiens ont encore leur mentalité de pionniers : *il y en aura toujours plus là-bas.*

Les crises environnementales procèdent d'attitudes mauvaises et d'objectifs douteux. Le Conseil insistait, dans des rapports antérieurs, sur l'importance d'une éthique basée sur la reconnaissance de l'interdépendance des facteurs et vouée au maintien de la diversité fonctionnelle et de la beauté du monde.[6] Il y a trop longtemps que plusieurs Canadiens considèrent leur environnement comme un magasin que l'on peut exploiter plutôt qu'un écosystème vivant dont le maintien exige soins et prévoyance. On n'a jamais attribué aux systèmes écologiques de la planète leurs valeurs de soutien et de protection de la vie et des activités afférentes, y compris les économies nationales, et c'est pourquoi il n'a jamais été question à leur égard d'obligation éthique et économique. Sans beaucoup d'égard pour la responsabilité environnementale, l'opinion prépondérante était que le plus profitable était le mieux et était en fait *nécessaire.* La presse rapporte chaque jour des catastrophes démontrant la fausseté de cette logique.

Agriculture biologique

De l'avis du Conseil, il faut, en ce domaine, répondre à de grandes questions : comment maintenir la productivité agricole et que seront les agriculteurs-écologistes de l'avenir? Les deux questions sont interdépendantes et ne peuvent trouver de réponse satisfaisante que dans le contexte d'objectifs environnementaux sensés. En tant que grande utilisatrice des terres, à laquelle une part importante de la population est liée directement ou indirectement, l'agriculture doit être considérée à long terme comme une partie d'une stratégie environnementale globale qui vise le maintien de la production des aliments en même temps que la protection des divers écosystèmes (paysages, organismes, air et eau).

L'érosion du sol ne représente pas simplement une perte pour l'agriculture, mais comporte en plus des effets néfastes à cause de la pollution sédimentaire des écosystèmes aquatiques. L'usage intensif des fertilisants peut devenir un fardeau pour l'environnement et peut-être agir en synergie avec les précipitations acides, même si ces produits stimulent la production des récoltes visées. Ainsi, les méthodes d'utilisation

des terres sont au centre des questions environnementales; la protection de l'environnement passe par un usage éclairé des terres.[7] Comme le disait si bien le Comité sénatorial permanent de l'agriculture, des pêcheries et des forêts :

La préservation du sol est indissociable des questions connexes, notamment la qualité de l'eau, l'utilisation des terres, la gestion de la faune, les pêcheries et les forêts.[2]

On ne peut non plus la dissocier des méthodes adéquates d'élevage et d'intendance de ceux qui souhaitent vivre de et sur leur terre. Est-ce une coïncidence si l'avenir des sols et de la famille campagnarde sont menacés? Rappelons également que la ferme familiale ne peut survivre sans la collectivité rurale.

Le problème de la dégradation actuelle des sols et de la mauvaise utilisation des terres découle en grande partie d'un système économique fortement orienté vers le court terme. L'économie ne peut évaluer l'avenir. Ainsi, on incite, on oblige même, les agriculteurs à adopter des méthodes et schémas de culture incompatibles avec la productivité à long terme. La plupart des agriculteurs ne pouvant survivre s'ils ignorent leurs intérêts à court terme au profit de ceux à long terme, il s'ensuit inévitablement une utilisation des terres qui ne cadre pas avec un maintien soutenu de la productivité.

À cause des investissements élevés et des prix faibles des produits de la ferme, les agriculteurs doivent épuiser leur sol. Cette exploitation à outrance des sols est moins le produit de l'ignorance que des forces économiques façonnées d'une part par la montée des coûts de l'énergie et d'autre part par des politiques d'aliments à bon marché. Dans le climat actuel, les agriculteurs ne peuvent tout simplement pas demeurer solvables et absorber les coûts de reconstruction du sol. Si l'on ne s'attaque pas à ces réalités, toutes les discussions du monde sur l'agriculture biologique ne sont que pure rhétorique.

Pour des raisons du même ordre, il est rare que les terres retirées de l'agriculture et converties à d'autres fins soient évaluées en fonction de leur productivité à long terme ou en tenant compte des besoins alimentaires futures prévisibles ou de leur augmentation. Compte tenu de cette imprévoyance, il faut une réorientation des politiques et programmes sociaux, afin d'accorder plus d'importance aux *profits possibles dans l'avenir*, au lieu de faire preuve de courte vue, ce qui permettrait aux forces du marché de réaliser les changements nécessaires. À titre d'exemple, le Conseil de l'environnement de l'Alberta vient de proposer de fixer les paiements compensatoires à l'égard des terres agricoles menacées de retrait à six fois la valeur productive actuelle de ces dernières. Cela s'appelle établir le *prix en fonction du coût social*. Tout comme le faisait remarquer Environnement Canada devant la Commission royale sur l'union économique et les perspectives de développement du Canada, cette façon de procéder, loin de neutraliser les forces économiques, pourrait les aider à redevenir vraiment efficaces.[9] C'est donc en toute logique que le Conseil attribue résolument la responsabilité principale de favoriser une agriculture biologique soutenue à la population non agricole, ainsi qu'aux gouvernements, dont les membres proviennent en grande partie de cette population. La société canadienne est avant tout urbaine; la population rurale est petite. Les politiques et programmes qui permettront à l'agriculture et aux localités rurales de vivre ou en provoqueront le déclin sont surtout entre les mains des citadins et des législateurs. Pour reprendre l'expression de Fairbairn dans son rapport commandé par l'Institut agricole du Canada :

Jusqu'à maintenant, la majorité urbaine a instinctivement et sans remords obligé la minorité rurale, non pas à vivre du sol, mais à l'exploiter : des fermes plus grandes, des machines toujours plus monstrueuses et des flots de produits chimiques coûteux.[1]

Maintenant, c'est-à-dire depuis 1984, les citadins, les organismes de recheche et tous les paliers de gouvernement doivent sans hésitation obliger le secteur agricole à adopter des meilleurs méthodes écologiques et être prêts à en subir le coût, pour le bien du pays.

D[r] J.S. Rowe
Conseil consultatif canadien
de l'environnement

Références

1. *Will the Bounty End?* Garry Lawrence Fairbairn. 1984. Western Producer Prairie Books. Saskatoon. 160 pp.
2. *Nos sols dégradés — Le Canada compromet son avenir.* Rapport sur la conservation des sols par le Comité sénatorial permanent de l'agriculture, des pêches et des forêts. Au Sénat du Canada. L'hon. H.O. Sparrow, président. 1984. Sénat du Canada. Ottawa. 129 pp.
3. *Dégradation des terres agricoles dans l'Ouest du Canada : études des répercussions physiques et des coûts.* M. Anderson et L. Kapik. 1984. Agriculture Canada. Ottawa.
4. *State of the World.* Lester R. Brown. 1984. W.W. Norton & Company. New York. 252 pp.
5. *Soumission à la Commission royale sur l'union économique et les perspectives de développement du Canada.* Conseil consultatif canadien de l'environnement. Ottawa. 1984.
6. *L'éthique de l'environnement — son élaboration et ses implications.* Norman H. Morse. 1975. Conseil consultatif canadien de l'environnement. Ottawa. Rapport n° 2 et *Toward an Environmental Ethic.* D.A. Chant. Ontario Naturalist magazine. Mars 1977.
7. *Utilisation des terres.* Compte rendu de la cinquième réunion des Conseils consultatifs de l'environnement à St. Andrews (Nouveau-Brunswick). 1980. Conseil consultatif canadien de l'environnement. Ottawa.
8. *Maintaining and Expanding the Agricultural Land Base in Alberta — Summary Report and Recommendations.* Environment Council of Alberta. 1984. 8th Floor Weber Centre. Edmonton (Alberta).
9. *Développement soutenu : Présentation à la Commission royale sur l'union économique et les perspectives de développement du Canada.* Environnement Canada. 1984. Ottawa.

INTRODUCTION

Un brin d'histoire

Au cours des dernières années, un nombre toujours croissant de personnes dans le monde entier se sont préoccupées du maintien de la productivité de vastes étendues de terres cultivées selon les méthodes modernes. Des pédologues, des agronomes et des environnementalistes comptent parmi ceux qui ont tout fait pour alerter les gouvernements et le public en général sur le fait qu'il était de plus en plus urgent de prendre des mesures audacieuses pour mettre un terme à la dégradation des sols agricoles de certaines régions.

La conférence mondiale sur la désertification tenue à Nairobi, au Kenya, en 1977, a permis aux pays participants de reconnaître que de vastes régions de terres cultivées et livrées aux pâturages, sont dégradées ou en voie de l'être au point que la production agricole n'est plus possible. En outre, de vastes régions — soit des millions d'hectares par année — soumises aux méthodes de culture actuelles, subissent une telle dégradation que bientôt leur productivité ne sera plus rentable, à moins que des mesures efficaces ne soient prises très prochainement, afin de corriger cette situation. Trois publications sur la situation mondiale (Worldwatch) confirment les effets des pressions exercées sur les terres agricoles (Eckholm et Brown 1977, Brown 1978 et Brown 1979).

En novembre 1982, la 21e conférence de l'Organisation des Nations-Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) a adopté une charte mondiale sur les sols dont la rédaction avait été confiée à son personnel. Cette charte a également été présentée au comité directeur du Congrès international de pédologie tenu à New Delhi, en février 1982. La charte mondiale des sols et le plan d'action destinés à mettre en application une politique mondiale sur les sols (ISSS 1982) ont pour but principal de prévenir la dégradation des terres cultivées selon les méthodes de production agricole actuelles. Des exemplaires de ces documents sont présentés à l'annexe 1 du présent rapport.

Aux États-Unis, il y a eu récemment une augmentation du nombre de débats sur le maintien de la production agricole dans les conditions actuelles. Le magazine Science a publié un éditorial intitulé "Soil for Oil?" dans lequel on se demandait si les Américains pouvaient maintenir leurs taux d'exportations agricoles en raison de l'érosion étendue et des autres types de dégradation des sols qui se produisent actuellement aux États-Unis. Dans un article intitulé "The Future of American Agriculture" (Batie et Healy 1983), les auteurs évaluaient les attitudes observées lors d'une récente étude interdisciplinaire de la perspective de la productivité à long terme de l'agriculture américaine. Ils en arrivaient à la conclusion qu'une majorité de personnes pouvaient avoir une perspective que l'on qualifierait "d'optimisme modéré".

Au Canada, on s'est beaucoup préoccupé du maintien de la production agricole dans une grande partie de la région des Prairies en raison de l'érosion qui s'est produite au cours des années 1920 et 1930. Des millions d'hectares de terres autrefois cultivées ont subi tellement de dégradation qu'elles ont dû être abandonnées. Une étude approfondie de la dégradation des sols dans les Prairies*, effectuée par l'Université de l'Alberta à la fin des années 1930, a montré qu'en moyenne, de Winnipeg à Edmonton, les sols cultivés depuis approximativement 25 ans, avaient perdu environ 20 à 25 pour cent de leur azote original et de leurs matières organiques ainsi que des quantités considérables de phosphore. Toutefois, la fin de la sécheresse des années 1930, le développement des cultures en bandes alternantes, l'utilisation des déchets comme engrais, le remplacement de la batteuse et de la moissonneuse-lieuse par la moissonneuse-batteuse, l'amélioration de l'équipement agricole, la découverte de nouvelles variétés améliorées de céréales et l'utilisation de plus en plus généralisée des engrais et des pesticides dans les Prairies ont tous contribué à accroître de façon constante la production et ont donné lieu à une euphorie générale au sujet de la productivité agricole dans les Prairies au cours des années 1950 et 1960.

Dans l'Est du Canada, l'abandon des terres agricoles de piètre qualité et les nouvelles méthodes de culture, ainsi que l'augmentation considérable de la production de maïs et de soja ont également donné lieu à une prospérité agricole florissante et ont suscité de l'optimisme au sujet de la productivité des terres agricoles.

En Colombie-Britannique, l'expansion agricole dans la région de Peace River, "la dernière frontière", et l'intensification et la spécialisation de la production agricole dans la vallée du Fraser ainsi que dans les régions d'Okanagan et de Kootenay, ont également contribué à asseoir l'assurance que la productivité des terres agricoles pouvait être améliorée. Cependant en 1974, face à la compétition accrue pour l'obtention des terres arables dont la superficie était très limitée, le gouvernement de la Colombie-Britannique créait "l'Agricultural Land Reserves" pour conserver les terres propices à l'agriculture.

Au Canada, les mythes de l'abondance des terres arables de grande qualité ont persisté jusqu'à nos jours et ont contribué à susciter une absence de réalisme concernant le maintien et le potentiel de la production agricole de ce pays.

* Dans ce rapport, le mot "Prairies" se rapporte aux provinces des Prairies.

Retour à la réalité

La réalité revient toutefois lentement à la surface. De plus en plus au cours des quatre ou cinq dernières décennies, les agronomes et les agriculteurs de l'Ouest ont découvert qu'il est nécessaire d'utiliser diverses méthodes pour maintenir ou améliorer les rendements des récoltes sur les terres arables cultivées depuis plusieurs décennies. Cela a été parfaitement démontré par l'accroissement rapide de l'utilisation des engrais azotés au cours des deux dernières décennies puisque la vente de ces engrais a augmenté de plus de 30 fois (Horner et al. 1980). Dès 1981, on prévoyait que les effets des cultures sur la productivité des terres agricoles obligeraient à partir de 1985 à épandre chaque année plus de 250 000 tonnes de chaux en Alberta et dans la partie nord-est de la Colombie-Britannique pour contrecarrer les effets néfastes de l'acidité des sols sur le rendement (Hoyt et al. 1981). La salinisation, selon les estimations, détériore 2.2 millions d'hectares de terres sèches et plus de 100 000 hectares de terres irriguées dans les Prairies — et la salinité des terres sèches peut augmenter, dans certaines régions, à un rythme de 10 pour cent par année! (Vander Pluym dans ASSWS 1981). Même si l'on admet qu'il est extrêmement difficile de quantifier l'érosion du sol, on estime, par extrapolation des données américaines, que l'érosion des sols peut être responsable au Canada de la baisse de 10 à 15 pour cent du rendement des cultures (ARAP 1983).

Les préoccupations récentes sur l'érosion des sols en Ontario ont donné lieu à une étude visant à estimer les coûts de cette érosion dans la province. Le rapport qui rend compte de cette étude (Wall et Driver 1982) estime que les coûts annuels de l'érosion dans le sud de l'Ontario s'élèvent à 68 $ millions. Certains pédologues considèrent qu'il s'agit d'une estimation très modeste.

À la fin de 1982, la "Prairie Farm Rehabilitation Administration" publiait les résultats d'une évaluation des coûts de la dégradation des sols dans les Prairies (ARAP 1982) et (ARAP 1983). Ce rapport indique que, à la valeur actuelle, les mesures de lutte contre la dégradation des sols par l'érosion, la salinisation et la diminution de l'azote (réduction des matières organiques) coûteraient environ 3.2 $ milliards d'ici l'an 2000.

On commence à comprendre que le Canada n'a pratiquement plus de bonnes terres agricoles non exploitées (Simpson-Lewis 1982) et c'est là un autre aspect de la réalité. En Alberta, les préoccupations sur la rareté des terres agricoles de qualité et leur conversion inutile à des fins non agricoles, ont donné lieu à l'automne de 1983, à des audiences publiques à la grandeur de la province afin d'étudier et de discuter "le maintien et l'expansion de la base des terres agricoles en Alberta". C'est particulièrement remarquable puisque de toutes les provinces, l'Alberta possède la plus vaste superficie de terres cultivables, non encore exploitées.

Ce qui précède suscite des questions sur le maintien de la productivité des terres agricoles au Canada cultivées selon des méthodes de gestion des sols et des systèmes de culture anciens et modernes. Les questions posées sont très opportunes parce que l'ère de l'énergie à très bon marché est terminée; que ce soit pour les opérations mécaniques sur les fermes ou les facteurs de production agricoles à haute teneur en énergie, comme les engrais azotés.

Voici une question opportune : Les attitudes concernant le maintien de la productivité des terres agricoles dans l'Ouest canadien sont-elles en voie de changer? Considérons cette enquête qui porte à réfléchir.

Facteurs qui influencent le maintien de la productivité

Les régions agricoles du Canada se différencient énormément les unes des autres par les sols, les périodes sans gel, la quantité et les caractéristiques des précipitations, ainsi que d'autres facteurs climatiques qui influencent — et souvent qui déterminent — le type d'agriculture commerciale praticable. Il n'est donc pas étonnant que bon nombre de facteurs et de pratiques ont des influences sur la productivité des terres agricoles au Canada. Une liste partielle des aspects dont il faut tenir compte au moment de l'évaluation globale du maintien de la productivité de nos terres agricoles, est présentée ci-dessous:

Facteurs qui relèvent des agriculteurs

Salinisation
Érosion des sols
Épuisement des matières organiques des sols et des nutriments végétaux.
Systèmes de culture et méthodes de gestion des sols (Assolement et jachère; conservation de l'humidité — gestion des résidus, travail réduit ou la culture sans labour, herbicides.)
Acidification, compactage du sol, utilisation du fumier, gestion des pâturages.

Facteurs qui relèvent du public en général

Règlements relatifs à l'utilisation des terres : législation sur la conservation des sols et encouragement dans ce domaine
Conversion des excellentes terres agricoles à des fins non agricoles; perturbations graves des terres
Contamination toxique : émissions de produits acidifiants; métaux lourds; évacuation des eaux usées
Éducation, recherche et vulgarisation dans le domaine agricole
Politiques économiques pour l'agriculture

Facteurs naturels ou externes

Caractéristiques des sols : qualité et composition naturelles
Climat : précipitations et leur répartition; périodes sans gel et dangers dus au gel; unités thermiques et ainsi de suite
Caractéristiques démographiques des agriculteurs
Marchés internationaux et conditions économiques

Nous ne pouvons aborder séparément chacun des facteurs mentionnés ci-dessus parce qu'un grand nombre d'entre eux sont interreliés et qu'il faut parfois considérer qu'ils se neutralisent mutuellement. Le cas suivant illustre ce que nous voulons dire. Dans un récent article (Cardwell 1982), des estimations ont été faites sur les sources des augmentations qui, en 50 ans, ont porté le rendement du maïs au Minnesota, de deux à six tonnes par hectare. Certains des principaux éléments qui ont contribué à ce changement sont présentés ci-dessous:

Facteurs qui ont permis d'accroître le rendement	Pourcentage de l'augmentation attribuée
• maïs hybride	58
• engrais azotés	47
• herbicides	23
• modification des techniques de plantation	46
Total des effets	174

Facteurs qui ont entraîné la réduction du rendement	Pourcentage de la réduction attribuée
• moins d'azote provenant du fumier, de l'humus des sols et des légumineuses	28
• davantage de dommages causés par les insectes	8
• érosion des sols	8
• monoculture	7
• autres facteurs inconnus	23
Total des effets	74

Même si les données figurant ci-dessus sont imprécises et sont présentées à titre indicatif, elles aident à comprendre qu'il est complexe de déterminer si la productivité des sols du Minnesota a été maintenue au cours des 50 années concernées.

C'est par conséquent avec beaucoup d'hésitation que nous présentons un exposé de certains facteurs influençant la productivité soutenue des terres agricoles au Canada.

FACTEURS QUI RELÈVENT DES AGRICULTEURS

Salinisation

La salinisation, soit l'accumulation de quantités nocives de sels solubles dans les couches arables fertiles, due à certains types d'activité humaine, est, depuis des milliers d'années, le fléau des terres agricoles irriguées. En Mésopotamie et dans des régions qui font maintenant partie du Pakistan, de merveilleux systèmes d'irrigation, qui existaient depuis plus de 2 000 ans, ont été ruinés par la salinisation et sont devenus pratiquement ou entièrement inutilisables. Depuis la construction du barrage-réservoir d'Assouan sur le Nil, il y a environ 20 ans, certaines terres d'Égypte, qui avaient été irriguées pendant des milliers d'années sans problème de salinisation, ont commencé à se détériorées en raison de la salinisation attribuable à la modification récente des régimes d'eau. Dans certaines parties de la Californie, comme dans la vallée San Joaquin, la salinité croissante menace actuellement la survie de l'irrigation (Pillsbury 1981).

Dans la région nord-ouest des Grandes Plaines de l'Amérique du nord et dans certaines parties de la région des Savanes de l'Ouest de l'Australie qui ont été déboisées pour l'agriculture, la salinisation est une forme de détérioration des terres de plus en plus grave et qui s'étend rapidement (Vander Pluym 1978). Récemment, l'Administration du rétablissement agricole des Prairies (ARAP) (1983) a publié un aperçu de la dégradation des terres dans les Prairies canadiennes et a conclu que la salinisation qui, selon les estimations, détériore 2.2 millions d'hectares de terres sèches dans les Prairies et 0.1 million d'hectares de terres irriguées (Vander Pluym 1981), peut provoquer des pertes économiques annuelles de quatre à cinq fois supérieures à celles qui sont attribuables à l'érosion, à la perte d'azote et à l'acidification. D'après des estimations rudimentaires, la salinisation peut se propager dans certaines régions, à un rythme de 10 pour cent par année. Cela ne signifie pas qu'un tel rythme de salinisation se maintiendra pendant très longtemps — si cette estimation était ou est une approximation raisonnable de l'augmentation du taux de salinisation dans toutes les régions semi-arides des Prairies.

Les effets de la salinisation sur la productivité agricole sont très variables. Si une faible salinisation peut influencer très légèrement le rendement, une salinisation massive peut empêcher toute croissance des cultures. En estimant les pertes de productivité attribuables à la salinisation, Vander Pluym et al. (1981) ont supposé que toutes les terres touchées par ce fléau accusaient une réduction moyenne de productivité de 66 pour cent. D'autres ont mentionné une réduction de 50 pour cent (Lilley, 1982 et Sanderson, 1982).

En raison du peu de crédits accordés à la recherche, l'étendue de la salinisation dans les Prairies est à peine connue et cartographiée. Les méthodes de prévention n'ont pas non plus été convenablement étudiées. Pour des raisons semblables, les méthodes d'assainissement des régions des Prairies atteintes par le sel, lorsque c'est possible, ne sont pas vraiment au point, et dans certains cas, les sommes d'environ 1 000 $ par hectare consacrées par les agriculteurs, n'ont pas produit des résultats satisfaisants.

Le ARAP (1983) a estimé que la valeur actuelle cumulative, à un taux d'escompte de cinq pour cent, des bénéfices que l'on pourrait obtenir de 1983 à l'an 2000, en luttant contre la salinité dans les Prairies, pourrait s'élever à environ 2.5 $ milliards. Ainsi, selon la perception générale, il est urgent que d'importants programmes de recherche, de prévention et de bonification soient mis sur pied le plus tôt possible, sinon la salinisation détériorera des étendues de plus en plus vastes de terres agricoles.

Il faut ajouter qu'il est impossible techniquement et économiquement de bonifier dans les Prairies de vastes étendues de terres salinisées. En fonction de la technologie actuelle et des relations économiques, la productivité de certaines terres salinisées est définitivement compromise.

Certaines causes de la salinisation provoquée par l'humain sont exposées dans la partie portant sur la "jachère" à partir de la page 7.

Érosion

L'érosion se produit surtout dans la couche arable, soit la couche la plus fertile et la plus précieuse. Les fractions fines du sol, les plus riches en nutriments et en humus, ont tendance à être disloquées par les processus de l'érosion, et elles sont éliminées en quantité disproportionnée des terres agricoles sous l'action du vent et de l'eau. Toutefois, comme la couche cultivée d'un hectare de terres contient environ 2500 tonnes de sol, et comme les pertes annuelles par l'érosion varient peut-être de moins de 100 kilogrammes à quelques tonnes par hectare par année, il est difficile de mesurer ces pertes — surtout en raison de la variabilité d'une année à l'autre des conditions climatiques qui provoquent l'érosion du sol ou en sont en partie responsables.

Les effets de l'érosion du sol sur la productivité des terres agricoles sont extrêmement difficiles à déterminer. Cela est particulièrement vrai dans le cas de l'érosion qui se perpétue d'une année à l'autre et qui ne produit pas de rigoles ni de ravins profonds, ou des tempêtes de sable massives qui perturbent la vie des citadins et bloquent les autoroutes ou remplissent les fossés. En raison de l'absence de recherche, les données imprécises ne peuvent révéler dans quelle mesure la productivité des terres agricoles des Prairies a été réduite par l'érosion. De façon générale, aux États-Unis, d'après Pimental et al. (1976), les rendements seraient réduits de 10 à 15

pour cent par suite de l'érosion des sols. Plus récemment, Cardwell (1982) a indiqué que l'érosion a peut-être réduit la production de maïs du Minnesota d'environ huit pour cent.

Dans un récent article, De Jong et al. (1982) signalent une nouvelle façon de déterminer le taux approximatif de perte de la couche arable par l'érosion. Le césium 137 (Cs) est un élément radioactif qui est retombé sur terre à la suite des essais nucléaires dans l'atmosphère au début des années 1960. Le césium 137 se comporte presque comme le calcium dans le sol, se fixant fermement aux particules du sol, tout en étant remplaçable. Il demeure par conséquent dans la couche arable des sols cultivés. En déterminant la réduction du césium 137 sur un monticule situé près de Saskatoon, De Jong et al. (1982) ont conclu que le monticule avait perdu environ 10 pour cent de sa couche arable dans une période approximative de 20 ans. Cependant les auteurs ont obtenu ces résultats pour un seul emplacement. L'application de cette technique à vaste échelle dans les Prairies devrait permettre de façon significative de déterminer le rythme général de la perte de la couche arable par l'érosion au cours des deux dernières décennies.

Les estimations présentées ci-dessus ne comprennent pas les autres coûts importants de l'érosion des sols. La pollution de l'air et de l'eau, la durée abrégée des réservoirs attribuable à la sédimentation excessive, l'eutrophisation des lacs, le remplissage des fossés le long des routes et l'obstruction des systèmes de drainage, l'érosion et la corrosion des bâtiments et des propriétés sont des coûts supplémentaires non mesurés, qu'entraîne l'érosion des sols par le vent et l'eau.

Il est particulièrement complexe de déterminer dans quelle mesure l'érosion des sols peut être tolérée sans que la productivité des terres agricoles soit perturbée au point où l'agriculture commerciale devient impossible. Aux États-Unis, le "taux tolérable d'érosion des sols" a été approximativement fixé à une perte maximale de 11.2 tonnes par hectare chaque année; cependant, Larson et al. (1983) affirment à juste titre que les effets des pertes par l'érosion des sols sur la productivité des terres agricoles diffèrent grandement selon les différents sols.

Les méthodes de culture peuvent bonifier des sols détériorés par l'érosion. Les engrais peuvent servir à augmenter les réserves disponibles de nutriments éliminés par l'érosion. L'assolement et les méthodes de gestion des sols peuvent protéger les sols de surface contre une érosion plus poussée — et en effet, il est possible de redonner aux sols les caractéristiques physiques leur permettant de résister à l'érosion tout en augmentant leur teneur totale en azote. Au cours des tristes années 1930, quelques millions d'hectares des Prairies ont tellement été détériorés par l'érosion qu'il n'était plus possible de continuer de cultiver ces terres. Toutefois, après des périodes prolongées où ces terres ont été livrées à des mélanges de graminées ou de graminées et de légumineuses, certaines d'entre elles ont été remises en état de produire des céréales — grâce à des méthodes de gestion des sols et des cultures qui ont réussi à protéger les champs contre une érosion récente importante. La menace fondamentale de l'érosion des sols est la suivante : elle peut faire monter les coûts de production des cultures à un point tel qu'il ne serait plus rentable de perpétuer le type d'exploitation agricole en vigueur.

Cependant, l'érosion détériore chaque année des millions d'hectares dans l'Ouest du Canada. Cela est attribuable à diverses causes, notamment : l'utilisation de certains sols qui ne conviennent pas à l'agriculture; l'incapacité de certains agriculteurs, dans certaines régions ou sous-régions importantes, d'utiliser des méthodes pratiques, connues et éprouvées, de prévention contre l'érosion des sols; l'absence de recherche pour mettre au point des méthodes efficaces et acceptables pour lutter contre l'érosion des sols dans certaines régions ou sur certains sols; et d'autres raisons comme les perturbations météorologiques ou climatiques qui accroissent grandement les forces d'érosion de la nature.

Une récente "estimation au pifomètre" effectuée par l'ARAP (1983), laisse croire que la valeur actuelle des bénéfices accumulés, à un taux d'escompte de cinq pour cent, découlant de la lutte contre l'érosion des sols dans les Prairies, au cours des 18 prochaines années, pourrait s'élever à environ 270 $ millions. Malgré leur aspect hypothétique, ces chiffres indiquent clairement que l'érosion des sols, si elle continue ainsi, réduira considérablement la productivité des terres agricoles de l'Ouest canadien.

Dans l'Est du Canada, surtout en Ontario et au Québec, l'expansion de la production de maïs a provoqué une érosion considérable des sols, qui n'a pas été quantifiée de façon convenable. Le problème est particulièrement grave lorsque la monoculture du maïs est pratiquée ou lorsque deux cultures en ligne, maïs et soja, alternent chaque année. Les recettes élevées de la production de maïs et de soja ont incité les producteurs à cultiver des champs de plus en plus vastes — ce qui, ajouté à la culture en ligne, a eu tendance également à augmenter l'érosion par l'eau.

En Ontario, les préoccupations concernant l'augmentation continue de l'érosion des sols ont donné lieu à des estimations des coûts annuels de l'érosion des sols qui s'élèvent à environ 68 millions de dollars par année pour le sud de l'Ontario seulement (Wall et Driver, 1982).

En dernière analyse, l'importance que prendra l'érosion des sols avec le temps dépendra largement des réponses aux questions suivantes :

- le Canada aura-t-il la sagesse d'investir les sommes nécessaires dans la recherche pour mettre au point des moyens efficaces de réduire au minimum l'érosion?

- les incitations monétaires et la stabilité nécessaires pour encourager les agriculteurs à utiliser des méthodes de prévention contre l'érosion des sols seront-elles efficaces? et
- la société aura-t-elle la volonté d'appliquer des sanctions substantielles aux personnes qui permettent de façon inexcusable ou qui provoquent inutilement l'érosion des sols.

Les pédologues et les agriculteurs plus évolués savent maintenant que du point de vue technique, la détérioration des sols par l'érosion est largement inutile et par conséquent inexcusable.

Épuisement des matières organiques des sols et des nutriments végétaux

Réduction des matières organiques: Lorsque des sols vierges sont cultivés, la quantité de résidus de végétaux qui sont retournés au sol est réduite. Parfois, presque toute la végétation est enlevée, comme c'était le cas lorsque les céréales étaient liées et transportées ailleurs pour être battues, ou lorsque la paille et le chaume étaient brûlés. En outre, la culture des sols et les conditions d'humidité, en l'absence de cultures, accélèrent grandement la décomposition des matières organiques originales des sols. Les systèmes de culture continuels, comme dans les régions productrices de maïs et de soja de l'Ontario et de céréales des Prairies, ont tendance à réduire au maximum les matières organiques des sols. Dans les provinces des Prairies, les matières organiques des sols ont diminué, selon les estimations, de 36 à 49 pour cent (Figure 1).

L'exploitation agricole, sans culture de graminées et de légumineuses, réduit la teneur en matières organiques des sols tandis que la capacité de l'humus des sols originaux à fournir de l'azote aux cultures, est réduite. Habituellement, dans de tels systèmes, il est nécessaire d'utiliser des engrais azotés si l'on veut maintenir le rendement (Figure 2). À cause des relations présentées à la figure 2, l'utilisation des engrais azotés est montée en flèche dans les Prairies et dans les régions de l'Ontario qui produisent du maïs de façon continue. Mais l'azote n'est pas le seul nutriment végétal à être réduit par l'exploitation agricole.

Épuisement des nutriments: L'agriculture n'est pas un processus naturel et sans un recyclage complet de toutes les matières végétales et animales (incluant les humains et leurs déchets), les nutriments végétaux essentiels sur les terres agricoles s'épuisent inévitablement. L'azote et le phosphore sont les nutriments les plus en demande et les plus utilisés comme engrais. Indépendamment des pertes dues à l'érosion, les sols du Canada — surtout ceux des Prairies — ont été considérablement vidés de ces éléments — à cause de la production agricole depuis le début de leur mise en culture.

L'exposé ci-dessous sur le bilan de l'azone et du phosphate dans l'agriculture de l'Ouest du Canada repose sur des données figurant dans Horner et al. (1980) ASSWS (1981) et La Bosse et McSorley (1981).

Azote : Avant les années 1960, la teneur en azote des céréales exportées des Prairies dépassait, de plus de dix fois, la quantité d'engrais azotés épandus. En dépit de l'augmentation rapide de l'utilisation des engrais azotés, au cours des années 1960 et 1970 (Tableau 1), ce n'est qu'autour de 1978 que les quantités d'azote épandues ont presque égalé les quantités d'azote éliminées dans les céréales exportées des Prairies. L'élimination de l'azote dans toutes les récoltes — céréales, foin et fourrage, résidus de culture et pâturage — de l'Ouest du Canada représente toujours plus du double de la quantité des engrais azotés épandus. Toutefois, une très importante quantité, mais variable et mal connue, d'engrais azotés, est perdue pour les cultures en raison de la dénitrification et du lessivage.

Jusqu'à un certain degré, la fertilisation du sol peut, dans certains cas, détériorer tout l'environnement — air, eau, sol et sous-sol. L'évolution des engrais azotés peut, toutefois, être extrêmement variable selon des facteurs comme le genre de sol, les systèmes de culture, les méthodes de gestion des sols, les conditions de précipitations saisonnières, les températures pendant la fonte des neiges de février à avril et autres. Même si les pédologues ont étudié en détail les réductions de l'azote et des engrais azotés dans les sols cultivés, ainsi que la variabilité des quantités et les incertitudes concernant leur évolution, c'est un domaine qui, dans des perspectives à la fois environnementales et agro — économiques, nécessite des recherches très approfondies. Les résultats de ces recherches devraient permettre de prévenir les pertes dans certaines situations, mais pas nécessairement dans toutes, si l'on veut être réaliste.

Même si lentement, on fait appel de plus en plus aux cultures de légumineuses, ce qui en moyenne augmente quelque peu l'azote du sol, il est évident que, de façon globale, l'exploitation agricole dans l'Ouest du Canada provoque toujours l'épuisement de l'azote des sols. Il faut également se souvenir que l'utilisation de grandes quantités d'engrais azotés augmente l'acidité de certains sols, réduisant ainsi le rendement des cultures courantes.

Phosphate (P_2O_5) : Avant l'utilisation accrue des engrais qui a commencé au cours des années 1960, la quantité de phosphate éliminée dans les cultures exportées dépassait d'au moins trois fois celle des engrais épandus. Vers les années 1970, l'utilisation accrue des engrais a commencé à équilibrer l'élimination des phosphates dans les céréales. Par exemple, au cours de la période de 1974 à 1978, la quantité de phosphate éliminée dans les céréales, les résidus de culture, le foin et le fourrage ainsi que par les plantes des pâturages

et si l'on suppose qu'il y a élimination sans remplacement, les quantités d'engrais épandues n'égalent plus qu'environ 50 à 60 pour cent des quantités de phosphate éliminées au cours de la période de 1974 à 1978. On admet qu'une certaine partie de cette élimination ne se produit pas et une certaine quantité de fumier est retournée à la terre. Globalement, toutefois, les terres agricoles de l'Ouest du Canada s'appauvrissent toujours en phosphore même si les quantités de phosphate épandues sur de vastes étendues dépassent actuellement celles qui sont éliminées.

La proportion d'engrais phosphatés utilisés pour les cultures, varie considérablement. Le taux d'utilisation est influencé par les mêmes facteurs que dans le cas de l'azote, ainsi que par le pH du sol, la minéralogie du sol et la forme chimique des engrais phosphatés. Toutefois, les engrais phosphatés sont principalement éliminés des sols par les cultures et l'érosion. Du point de vue environnemental, on se préoccupe beaucoup plus du problème des concentrations de phosphates dans les nappes d'eau provenant de l'érosion des sols que du problème des engrais azotés.

L'état du phosphore dans les sols des Prairies mérite d'être étudié pour plusieurs raisons. Les sols de la région ont généralement une concentration plutôt faible de phosphate disponible pour les cultures. Des analyses des sols effectués à l'automne de-1982 ont révélé que dans les Prairies la concentration de phosphate disponible est moins élevée que partout ailleurs au Canada et aux États-Unis (anonyme 1983). Les céréales exigent énormément de phosphore, dont environ les trois-quarts sont utilisés par les graines — celles-ci sont exportées en majeure partie. Le Canada n'a pas de mines productrices de roches de phosphate qui servent à la fabrication d'engrais — toutes les roches de phosphate sont importées. Finalement, la fabrication des engrais phosphatés nécessite de grandes quantités d'énergie de plus en plus coûteuse.

Ainsi, le maintien de la productivité des terres agricoles des Prairies sera influencé par la disponiblité et les coûts du phosphate importé et par les coûts de l'énergie nécessaire pour transformer cette matière en engrais.

Potassium, soufre et autres nutriments : Dans les Prairies, l'utilisation des engrais à base de potassium et de soufre est faible par rapport à l'utilisation de l'azote et du phosphate. Toutefois, au cours des années 1969 à 1979, l'utilisation du potassium a augmenté de plus de sept fois et celle du soufre a doublé (Horner et al. 1980). (Tableau 1). Ces augmentations sont dues à divers facteurs : amélioration et plus grand recours aux analyses de sols; épuisement accru de ces nutriments dans les sols qui, au départ, possédaient des réserves disponibles peu élevées; et meilleures connaissances des engrais chez les agriculteurs. Pour ces raisons, on aura inévitablement et de plus en plus besoin de ces éléments fertilisants ainsi que d'autres nutriments au cours des années à venir, si la productivité des sols de l'Ouest du Canada doit être maintenue. Toutefois, à l'exception du potassium, les quantités d'autres éléments fertilisants qu'il faut utiliser sont très réduites et sont par conséquent comparativement peu coûteuses.

La technologie actuelle permet de déceler de façon fiable les insuffisances de nutriments et si de meilleurs prix sont accordés pour les produits agricoles, la productivité des terres agricoles sera maintenue ou améliorée en ce qui concerne la disponibilité des nutriments autres que l'azote, le phosphore et le potassium.

Systèmes de culture et méthodes de gestion des sols

Les rendements des cultures et le maintien de la productivité sont grandement influencés par les systèmes de culture et les méthodes de gestion des sols. À leur tour, ces systèmes et ces méthodes sont fortement influencés par les caractéristiques agroclimatiques et par les conditions agro — économiques, incluant les marchés des différentes régions.

Les systèmes de culture et les méthodes de gestion des sols dans les régions productrices de maïs et de soja du sud de l'Ontario sont complètement différents de ceux des régions des Prairies produisant des céréales, où les rapports précipitation/évapo-transpiration, les unités thermiques, la longueur de la saison de croissance et les marchés nécessitent des systèmes entièrement différents.

Parce que le système de culture qui prévaut dans les régions des Prairies productrices de céréales comprend les jachères et parce que cette méthode est responsable en grande partie de la dégradation des sols, il est nécessaire de faire un exposé sur le sujet.

Jachère : Il s'agit de la cause la plus importante de dégradation des sols dans les Prairies. Les raisons de cette dégradation sont complexes.

Après la défaite de Louis Riel, il y a 100 ans, il était trop tard pour certains soldats-agriculteurs pour planter leurs cultures. Les bons agriculteurs labouraient leurs champs un certain nombre de fois au cours de l'été pour lutter contre les mauvaises herbes. Les récoltes de l'année suivante sur les terres laissées en jachère furent extraordinaires. Depuis, les terres sont laissées en jachère dans les Prairies et actuellement, en dépit de certaines réductions au cours des dernières années, environ 30 pour cent des terres cultivées sont laissées en jachère chaque année (Weaver et al. 1982).

Les terres laissées en jachère conservent une partie des précipitations et dans ces sols, où la chaleur humide est inhabituelle, la décomposition des matières organiques est rapide. Ainsi, les nutriments insolubles et non disponibles dans

les matières organiques, surtout l'azote, sont convertis en éléments assimilables par les plantes et s'accumulent dans le sol — prêts à nourrir les cultures de l'année suivante.

Ainsi, les cultures poussant sur les terres laissées en jachère l'année précédente, ont tendance à bénéficier de l'accumulation d'humidité et des nutriments disponibles et le rendement était et est encore parfois supérieur.

Cependant, les terres laissées en jachère ont tendance à se détériorer de plusieurs façons. La majeure partie de l'érosion des sols dans les Prairies se produit sur les terres laissées en jachère. Si les terres sont labourées pendant les années de jachère, le sol dénudé est exposé de façon anormale et l'érosion par le vent et l'eau profite des travaux du sol qui brisent et pulvérisent le sol. La jachère accélère la décomposition des matières organiques des sols et aucun résidu de culture n'est produit pendant cette année : tout cela aboutit à une diminution progressive des matières organiques dans le sol au cours des années. Les pertes d'azote par la dénitrification et par lessivage sont supérieures sur les terres laissées en jachère que dans les champs cultivés. Comme les matières organiques du sol sont réduites par la décomposition accélérée et l'érosion et comme le travail du sol brise progressivement la structure du sol, l'infiltration des précipitations est modifiée et le ruissellement a tendance à augmenter. C'est ainsi que l'érosion par l'eau est accélérée, contribuant à humidifier les basses terres et à réduire la quantité d'humidité dans le sol dans les parties élevées des champs. La jachère est une cause principale du haut niveau de la nappe phréatique et de la salinisation dans les zones de déversement des eaux souterraines dans les Prairies. C'est la principale cause de l'entraînement de l'eau dans les sols, à une profondeur inaccessible aux racines des plantes. Les eaux de lessivage éliminent l'azote disponible et dissolvent les sels dans les matériaux d'origine du sol. Ainsi, la jachère est un important facteur qui rend de plus en plus nécessaire l'utilisation des engrais azotés et contribue à la salinisation dans les Prairies.

Même si les raisons couramment mentionnées pour laisser les terres en jachère sont la conservation de l'humidité des sols pour les cultures de l'année suivante, la lutte contre les mauvaises herbes et l'accumulation de nutriments utilisables par les plantes pour obtenir de meilleures récoltes, il existe souvent d'autres raisons. Il se peut que les semences doivent être produites sur les terres laissées en jachère conformément aux règlements concernant la production des semences enregistrées et autres similaires. Les températures chaudes des sols au printemps accélèrent la première croissance des cultures — et les sols laissés en jachère sont normalement plus chauds que ceux des champs sur chaume. Dans la région semi-aride de l'écozone des Prairies, les réserves d'humidité des sols au printemps avant l'ensemencement, sont très importantes pour l'avenir des cultures : si les réserves d'humidité sont basses au moment de l'ensemencement, un agriculteur peut être en mesure de décider à ce moment-là de laisser sa terre en jachère, au lieu d'ensemencer et de courir le risque d'obtenir une piètre récolte. Pendant l'année de la jachère, les maladies transportées par les résidus sont en grande partie éliminées puisqu'il n'y a, dans ces champs, aucune culture vivante susceptible d'entretenir ces maladies. Finalement, la jachère rentabilise davantage l'utilisation de la machinerie et de la main-d'oeuvre agricole parce que les terres sont laissées en jachère au cours de l'été lorsque la machinerie et la main-d'oeuvre ne sont pas utilisées pour la production de la culture de l'année courante.

Plus globalement, la jachère a pour effet de détériorer les sols des Prairies. Les effets cumulatifs de la jachère réduisent les potentiels de production des terres concernées. Les méthodes culturales de conservation sont d'importantes façons de réduire certains effets néfastes de la jachère. Toutefois, si l'on continue ces systèmes de cultures qui comprennent la jachère, sans recourir aux cultures fourragères, il faudra utiliser de plus en plus des engrais azotés pour maintenir le rendement des cultures céréalières. Par contre, en fournissant aux cultures l'azote nécessaire sous forme d'engrais, la pratique des jachères dans les Prairies peut être et est en fait réduite.

Préférence pour l'assolement : Selon plusieurs points de vue, les systèmes idéals de culture sur les terres arables pour la production de céréales ainsi que les cultures en ligne comportent des périodes alternées de cultures fourragères, comprenant de préférence certaines cultures de légumineuses, et des cultures de céréales ou des cultures en ligne. Ces systèmes de culture réduisent au minimum l'érosion des sols ainsi que les méfaits des ravageurs et des maladies, tout en contribuant au maintien de la fertilité des sols et de leurs bonnes propriétés physiques. Malheureusement, ces systèmes de culture souhaitables du point de vue environnemental sont plus complexes à financer et à exploiter. À court terme, ils ne peuvent pas, économiquement, entrer en concurrence avec les systèmes de production intensive de céréales comme le maïs ou le maïs-soja cultivés en Ontario, et les systèmes de production des céréales des Prairies.

Conservation de l'humidité : La conservation de l'humidité est non seulement importante dans les Prairies, mais également dans d'autres parties du Canada où l'on s'intéresse et recourt de plus en plus à l'irrigation.

Les systèmes qui combinent les cultures céréalières et fourragères ont tendance à utiliser les précipitations de façon plus efficace que les systèmes de jachère et de culture de céréales, comme l'illustrent les données représentées graphiquement par Breton pour l'Alberta (Bentley et al. 1971).

On soutient depuis longtemps que les terres sont laissées en jachère dans les Prairies pour conserver l'humidité afin de maintenir et d'améliorer les cultures l'année suivante.

Toutefois, l'on soutient maintenant que la conservation plus efficace de l'humidité par les sols, les techniques de gestion des cultures ainsi que l'utilisation appropriée des engrais, permettent de cultiver les céréales de façon continuelle ou plus continuelle. Cela en retour, réduit le taux de détérioration des sols et les effets nuisibles de la jachère sur l'environnement. C'est pourquoi, le Conseil des grains du Canada soutient fermement que la jachère peut être réduite de façon considérable dans les Prairies (Weaver et al. 1982).

Deux des techniques proposées pour améliorer la conservation de l'humidité dans les Prairies ont des aspects positifs du point de vue environnemental. En récoltant les céréales de manière à laisser des tiges de chaume de différentes tailles, davantage de neige est retenue dans les champs pendant l'hiver et au printemps, davantage d'humidité provenant de la fonte des neiges pénètre dans le sol. Le travail réduit ou la culture sans labour diminue considérablement, sinon entièrement, la culture entre la récolte et l'ensemencement suivant dans le même champ, tout en réduisant notablement les possibilités d'érosion par le vent et l'eau.

Les herbicides sont utilisés pour lutter en grande partie contre les mauvaises herbes lorsque le travail du sol est minime, tandis que pour la culture sans labour, seuls les herbicides sont utilisés pour détruire les mauvaises herbes. Cependant, il faut mettre à l'essai et surveiller de façon efficace les herbicides avant de les homologuer et les utiliser afin de prévenir toute répercussion néfaste sur l'environnement.

L'acidification, le compactage du sol et certains autres types de dégradation des sols, découlant de l'exploitation agricole, sont réduits au minimum par les systèmes qui comprennent la production de fourrage et de cultures sarclées.

Acidification : L'acidification est une forme de dégradation qui est de plus en plus préoccupante dans certaines parties de l'Ouest du Canada. Dans les Prairies, l'acidité du sol peut être naturelle ou provoquée par les activités humaines.

Les sols vierges de l'Ouest du Canada ont eu et ont un pH — soit la mesure chimique de l'acidité ou de l'alcalinité relative — variant de l'extrêmement acide à l'extrêmement alcalin. La majeure partie des plantes, surtout les plantes cultivées, ne poussent pas bien sur les sols très acides ou très alcalins. La luzerne et l'orge sont des exemples de plantes cultivées dont le rendement diminue de façon dramatique lorsque le pH du sol est inférieur à six.

Dans la région de Peace River, environ 30 pour cent des sols ont une telle acidité naturelle que la croissance de la luzerne et de l'orge est quelque peu freinée de sorte que le rendement est plutôt bas (Hoyt et al., 1974). Certains sols de la région sont tellement acides qu'il est peu pratique de tenter de produire ces plantes sans rectifier l'acidité par des épandages coûteux de chaux.

Il existe de vastes étendues de sols solonetziques dans les Prairies, surtout en Alberta. Au cours des dernières années, il a été établi que le rendement plutôt bas sur certains sols solonetziques est en partie attribuable à l'acidité naturelle de leur couche arable. Encore une fois, le chaulage sur les zones touchées, dont la répartition est habituellement très erratique et très inégale, corrigera l'acidité.

Les activités humaines peuvent modifier le pH du sol d'une ou plusieurs manières. L'érosion du sol, surtout sur les monticules, peut enlever la couche arable, exposant le sous-sol qui, dans ces cas, est habituellement alcalin et calcaire. Ces zones qui ont subi l'érosion ont habituellement une couverture végétale moins importante que les sols adjacents ayant un pH plus favorable et une teneur plus élevée en matières organiques. Les engrais azotés subissent des modifications chimiques dans le sol et produisent des ions H^+ — ions qui abaissent le pH et produisent l'acidification. De nombreuses entreprises industrielles ainsi que les véhicules automobiles émettent des oxydes de soufre et d'azote qui, soit par absorption directe à partir de l'atmosphère par les particules du sol, soit sous la forme du phénomène appelé "précipitations acides", ont des effets acidifiants sur les sols.

Une grande partie des terres agricoles de l'Est du Canada ont une acidité naturelle tellement élevée que la majeure partie des cultures n'ont pas de rendement profitable du point de vue économique, sans l'apport de chaux. En effet, les politiques d'aide des gouvernements provinciaux dans ce domaine reconnaissent qu'il faut augmenter la productivité des sols acides par le chaulage. Malheureusement, les "précipitations acides" et l'utilisation des engrais azotés amplifient les problèmes d'acidité de certains sols. Dans l'Est du Canada, des diminutions mesurables du pH des sols se sont produites et on a estimé (Coote et al. 1980) qu'environ 40 pour cent de ces diminutions sont attribuables au phénomène des précipitations acides et 60 pour cent, à l'utilisation des engrais azotés. Les précipitations acides de cette région proviennent des émissions acidifiantes des industries et des véhicules américains et canadiens, de sorte qu'il est difficile de régler ce problème complexe.

Sur la côte de la Colombie-Britannique et dans certaines régions de l'intérieur de cette province, l'acidité naturelle jointe à des précipitations élevées ou à l'irrigation et à l'utilisation répandue des engrais azotés, a fait que depuis longtemps l'épandage de chaux sert à équilibrer l'acidité des sols touchés.

Même s'il a été clairement établi que les émissions dans l'atmosphère de certaines industries pétrolières de l'Ouest du Canada, ont certains effets acidifiants sur les sols à proximité, l'importance de cette acidification n'a pas été quantifiée à cause de recherches insuffisantes. Quelques cas d'acidification intense des sols par des poussières de soufre provenant d'usines de traitement de gaz acide, se sont produits. Les zones touchées, habituellement quelques dizaines d'acres au maximum, ont pu facilement être assainies par le chaulage.

Généralement dans les Prairies, ce n'est que récemment qu'on se préoccupe de l'acidité des sols, surtout parce qu'on a commencé à utiliser en très grandes quantités des engrais azotés. Toutefois, il a été estimé en 1981 (ASSWS) que vers 1985 l'acidité provoquée par les engrais azotés pourrait nécessiter l'utilisation de plus de 250 000 tonnes de chaux par année pour contrecarrer les effets néfastes de l'acidité des sols sur le rendement des cultures en Alberta et dans le nord-est de la Colombie-Britannique. Dans les Prairies, le chaulage est une méthode nouvelle, relativement peu connue, et plutôt coûteuse qui nécessite pour l'épandage de la poudre une machinerie spéciale. Il est pratiquement certain qu'indépendamment des encouragements officiels pour que les agriculteurs épandent de la chaux sur les sols acides, l'utilisation de cette substance augmentera lentement pendant quelques années au moins.

Parce que les engrais azotés sont de plus en plus utilisés et qu'une nouvelle compréhension se fait jour concernant l'étendue et les effets de l'acidité naturelle des sols, les pédologues des Prairies se rendent maintenant compte que l'épandage de la chaux deviendra davantage nécessaire pour le maintien de la productivité d'un bon nombre de terres agricoles. Le gouvernement de l'Alberta a par conséquent mis sur pied un programme d'aide pour le transport de la chaux en vue d'accroître la productivité des sols acidifiés. Toutefois, les aspects économiques — les coûts et les risques d'investissements qu'entraîne l'utilisation de la chaux par rapport aux perspectives de recettes — détermineront dans quelle mesure le chaulage augmentera la productivité des sols acidifiés des Prairies. Ce sont surtout les coûts énergétiques nécessaires pour extraire et traiter la chaux, pour la transporter et l'épandre, qui détermineront dans quelle mesure elle sera utilisée dans les Prairies.

Autres dégradations : Un certain nombre d'autres facteurs comme le surpâturage, l'incapacité d'utiliser les rotations de cultures recommandées et le compactage du sol peuvent tous influencer la productivité des terres agricoles. La quantification ou l'évaluation des effets de ces facteurs est très difficile à réaliser et par conséquent il n'y a presque pas de données précises sur ce sujet. Toutefois, comme la monoculture augmente et que les mêmes systèmes de cultures et méthodes de gestion des sols se poursuivent, on est de plus en plus conscient que la réduction des propriétés physiques favorables de certains sols se répercute sur les exploitations agricoles et le rendement de certaines cultures.

Récemment Paul et DeVries (1983) ont signalé que le drainage souterrain, qui réduit les dangers de compactage du sol dû à la circulation sur des sols trop humides, a eu d'importants effets bénéfiques dans la vallée du cours inférieur du Fraser. Toutefois, la quantification des effets néfastes du compactage demeure difficile à établir même si ce problème a été soulevé dans le questionnaire des pages 16 et 17 de ce rapport.

Résumé

La dégradation des terres cultivées selon les méthodes modernes est définitivement un sujet de préoccupation croissante. Toutefois, une telle détérioration peut être classée selon la gravité ou la permanence ou les coûts de bonification — si celle-ci est économiquement praticable.

L'augmentation de l'acidité des sols due à l'utilisation des engrais azotés peut gravement diminuer le rendement, surtout des cultures sensibles. Heureusement, le chaulage selon les recommandations découlant des analyses effectuées sur les sols, peut corriger leur acidité — et souvent les rendre plus productifs que les sols originaux. Mais l'utilisation de la chaux peut être assez coûteuse, même si les effets bénéfiques peuvent durer pendant une décennie ou deux.

L'érosion des sols peut réduire le rendement des cultures de façon considérable même si la quantification des réductions est habituellement très difficile à établir. Il est possible que la perte de 10 à 20 pour cent de la couche arable d'un champ n'influence pas beaucoup la productivité si un programme approprié de fertilisation est observé — mais les engrais sont coûteux et ils ne remplacent pas l'humus précieux enlevé par l'érosion sous l'action des vents et de l'eau. La perte de la couche arable réduit habituellement la capacité de rétention de l'eau d'un sol, augmentant ainsi les dangers de sécheresse. L'enlèvement de toute la couche arable par l'érosion élimine habituellement la productivité de façon permanente. En effet, l'érosion empêche parfois toute utilisation agricole future de certaines zones perturbées par l'exposition de sous-sols nuisibles, de dépôts de gravier ou de la roche en place sous-jacente. Dans la plupart des cas toutefois, l'utilisation pertinente d'engrais ainsi que des méthodes convenables de culture, et parfois la production de cultures fourragères pendant de longues périodes seulement, peuvent améliorer la production des sols attaqués par l'érosion, sans toutefois pouvoir leur redonner leur productivité originale.

La salinisation et l'ennoyage des sols agricoles compromettent d'ordinaire gravement la productivité agricole — ou même entraînent la désertification des zones perturbées. La bonification des sols perturbés, lorsqu'elle est possible, est habituellement coûteuse, s'élevant à 1 000 $ ou plus par hectare. Toutefois, la productivité des sols bonifiés peut augmenter plutôt lentement et peut-être ne pas atteindre le niveau qu'elle avait avant la détérioration. Les sels éliminés par la bonification des terres, augmentent la salinité des eaux et peuvent perturber les utilisations en aval, notamment l'approvisionnement en eau potable, l'irrigation, la faune, les loisirs et les industries.

Les sols qui se sont détériorés par suite de la réduction de leur teneur en matières organiques subissent de deux façons au moins une diminution de leur rendement : la réduction

de l'apport de nutriments comme l'azote sous des formes qui sont assimilables par les cultures; et la perturbation de la surface ameublie ainsi que le compactage accru, qui l'un et l'autre nuisent à la croissance des cultures sur certains sols perturbés. Il arrive souvent que la capacité de rétention de l'eau soit également réduite. Dans la plupart des cas, plusieurs mesures combinées telles la prévention contre l'érosion, une fertilisation appropriée et un programme convenable de gestion des cultures et des sols, peuvent améliorer la teneur en matières organiques des sols et le rendement des cultures, sans toutefois rendre ces terres aussi productives que lorsqu'elles ont été cultivées pour la première fois.

Les engrais commerciaux ne constituent pas une panacée à tous les problèmes des sols. Parfois, certains engrais ont des effets néfastes sur le pH de certains sols, ou sur les micro-organismes des sols — mêmes s'ils ont des effets bénéfiques sur les caractéristiques de ces sols ou sur certains autres sols. Les engrais commerciaux, comme le fumier, peuvent également avoir des effets néfastes sur l'environnement. Toutefois, l'augmentation constante des coûts de l'énergie et par conséquent des engrais, aura tendance à freiner leur utilisation. Dans ce cas, la production des céréales pourrait connaître une diminution relative à moins que les prix des céréales n'augmentent en proportion des coûts de l'énergie.

FACTEURS QUI RELÈVENT DU PUBLIC EN GÉNÉRAL

Règlements sur l'utilisation des terres

Les règlements sur l'utilisation des terres portent sur les questions comme la conservation des sols, la conversion des terres à d'autres utilisations et les perturbations graves des terres comme l'exploitation minière et l'extraction de gravier. Toutes ces questions peuvent avoir des répercussions importantes sur le maintien de la productivité des terres agricoles.

Il est évident que le Canada souffre de l'absence de lois sur la conservation des sols ainsi que de politiques ou de programmes qui permettraient aux agriculteurs d'adopter des méthodes efficaces de conservation des sols. L'ARAP (1983) soutient que d'importants programmes sont maintenant nécessaires.

Une autre préoccupation porte sur la conversion incessante et inutile de terres agricoles de haute qualité à des fins non agricoles. En Alberta, la conversion des terres a été l'une des raisons des audiences publiques tenues sur le "maintien et l'expansion des terres agricoles".

Conversion des terres agricoles à d'autres fins

Plus de la moitié des terres agricoles de haute qualité (classe 1 de l'ITC) au Canada, se trouvent dans un rayon de 80 kilomètres de distance des 23 principaux centres urbains du pays (Simpson-Lewis et al. 1982). La croissance urbaine et industrielle, ainsi que l'amélioration des moyens de transports et le penchant des Canadiens pour la vie rurale ont entraîné la conversion de bon nombre des meilleures terres agricoles à d'autres fins au cours des trois ou quatre dernières décennies. Les effets de ces conversions sur le maintien soutenu de la production agricole au Canada ne sont pas évalués de façon convenable.

Au Canada, huit pour cent à peine des terres conviennent à l'agriculture. Les terres arables sont divisées en quatre classes:

Classe ITC	Description officieuse de la qualité par un profane	Fraction de la superficie des terres du Canada•	Potentiel relatif de production agricole sur les terres arables*	Coûts directs relatifs de la production par kg de produits*
1	Excellente à très bonne	0.45%	1.00	1.0
2	Bonne	1.8%	0.80	1.3
3	Passable	2.8%	0.65	1.5
4	Marginale	2.8%	0.50	2.0
		7.9%		

* Ce sont des approximations pour les types courants de cultures. Toutefois, pour les excellents agriculteurs, les coûts directs de la production de céréales ou d'autres cultures sur des terres de classe 4, sont environ deux fois plus élevés par boisseau (ou par tonne) pour la même production sur des terres de classe 1, et cela sur la même ferme! D'après Hoffman (1971).

• Simpson-Lewis et al. (1982).

Les terres qui conviennent le mieux à l'agriculture sont également préférées pour de nombreuses autres utilisations et, dans la concurrence acharnée pour l'obtention de terres de haute qualité, l'agriculture est perdante. Cette concurrence atteint habituellement son point culminant à la périphérie des villes où la majeure partie des terres sont très fertiles. La partie centrale de l'Alberta illustre parfaitement ces relations. Thompson (1981) estime que si les tendances des récentes décennies se poursuivent, vers l'an 2000, la conversion des terres agricoles à d'autres fins dans le corridor Edmonton-Calgary, sera approximativement la suivante :

Type de conversion	Hectares (chiffres arrondis) 1980-2000	% de conversion des terres dans les classes 1 à 3 (ITC)
Annexion*	140 000	76 %
Lotissement rural	210 000	52 %
Annexion et lotissement rural	350 000	

* Comprend un élément de conversion directe.

Si elles étaient réalisées, ces conversions représenteraient approximativement deux pour cent de toutes les terres de classes 1 à 3 (ITC) de l'Alberta et comprendraient certains des meilleurs sols situés dans les meilleures régions agroclimatiques de la province. Cela aurait pour effet net de réduire de plus de deux pour cent le potentiel de la production agricole de l'Alberta qui possède environ 24 pour cent de tout le potentiel du Canada.

Les chiffres (Tableau 2) pour la période allant de 1966 à 1976, montrent que 62 pour cent des terres agricoles canadiennes converties à d'autres fins appartenaient aux classes 1 à 3 (ITC) — soit les meilleures terres agricoles! Depuis ce temps, les lois adoptées en Colombie-Britannique, au Québec et à Terre-Neuve ont ralenti ces conversions dans ces provinces, cependant les données sur les effets de ces lois ne sont pas encore publiées.

Il est indiscutable que les conversions inutiles des terres agricoles de haute qualité à d'autres fins — conversions qui sont habituellement permanentes — réduisent vraiment le potentiel de la production agricole au Canada. À moins que l'agriculture canadienne ne connaisse une baisse de toute sa production alimentaire, la perte de production, due à ces conversions, doit être remplacée par la production sur d'autres terres de qualité inférieure, où les coûts directs d'exploitation sont plus élevés par unité d'aliment produit. Toute insuffisance dans l'approvisionnement du pays, due à la conversion des terres, dont le nombre est très restreint et qui sont consacrées aux cultures spécialisées, doit être comblée par l'importation d'aliments. Dans un cas comme dans l'autre, ces conversions auront probablement pour effet d'accroître les coûts des aliments achetés par les consommateurs canadiens et exportés par le Canada.

Exploitation minière à ciel ouvert et autres perturbations des terres

L'industrie pétrolière, la construction de réservoirs, le nivellement des terres pour l'irrigation, le transport de l'électricité, l'exploitation de mines de charbon et l'extraction de gravier, constituent des activités qui peuvent perturber le potentiel des terres agricoles sur des étendues plutôt vastes. Avant 1960, il y avait peu de règlements pour contrôler ces activités une fois que les exploitants avaient obtenu le droit de propriété du sol de surface et les droits d'exploitation minière. Les paysages lunaires des bassins houillers de la région d'Estevan en Saskatchewan, certaines régions d'extraction de gravier et d'exploitation minière dans l'Est du Canada, et certaines régions houillères de l'Alberta qui ont été exploitées avant 1960, constituent des exemples frappants de la façon dont l'exploitation minière non réglementée peut détruire presque totalement le potentiel agricole sur de vastes étendues.

Les préoccupations au sujet de l'environnement et des effets nocifs des industries d'extraction sur certaines fermes et certaines exploitations agricoles ont donné lieu à l'adoption de règlements plutôt sévères. Par exemple, la politique de l'Alberta sur le charbon exige, à titre de condition préalable pour l'obtention d'un permis d'exploitation minière, que le promoteur présente un plan complet de remise en valeur des terres qui satisfasse aux exigences suivantes du gouvernement de l'Alberta :

"La restauration des terres a pour principal objectif de remettre en valeur les terres ayant subi l'exploitation minière ou ayant été perturbées, de sorte qu'elles puissent favoriser le retour de la vie végétale et animale, ou redevenir productives ou utiles pour l'homme, au moins autant qu'elles l'étaient avant d'être perturbées."

Les compagnies d'exploitation de charbon doivent produire des garanties financières considérables qui sont retenues tant qu'"un certificat de remise en valeur" n'a pas été délivré par le gouvernement de l'Alberta. Les premiers certificats de remise en valeur ont été produits par l'Alberta en 1981 à une mine de charbon située à Forestburg (Logan dans CSEB 1982). Cette zone est maintenant une terre agricole productive.

L'Alberta est maintenant dotée de lois sur les pipelines, les sites de puits de pétrole et les activités connexes, les lignes sismiques, les carrières de gravier, les lignes de transport d'électricité et ainsi de suite, qui toutes imposent la restauration des lieux ou de réduire au minimum les effets néfastes sur la productivité des terres perturbées par ces activités. Le résumé des réglementations plus pertinentes est publié dans le procès-verbal d'un symposium tenu en 1982 et intitulé "Agriculture and the Environment" (CSEB 1982).

Les lois régissant les activités qui perturbent les terres dans les autres provinces de l'Ouest du Canada sont généralement semblables aux dispositions de l'Alberta. Une publication de la Direction générale des terres d'Environnement Canada (Marshall (1982) présente un aperçu de cette législation pour tout le Canada.

La remise en valeur des terres perturbées est un sujet qui préoccupe beaucoup les pédologues. Le thème de l'atelier de travail de "l'Alberta Soil Science" tenu en 1977 était "Soil Conservation Reclamation and Research". Le programme de 1983 de cette conférence annuelle comprenait une journée consacrée à la conservation et à la remise en valeur des sols : ce dernier sujet portant principalement sur l'exploitation minière à ciel ouvert et les sols salins. L'exploitation de mine de charbon à ciel ouvert est également beaucoup pratiquée au Dakota du Nord et au Montana. Chaque année une conférence est consacrée au progrès et aux problèmes relatifs

à la remise en valeur des régions exploitées à ciel ouvert dans ces états et les pédologues canadiens y participent de façon régulière.

Au cours des dernières années, des pédologues et des organismes publics se sont engagés à fond dans des programmes de remise en valeur des terres gravement perturbées ainsi que dans des recherches sur ce sujet. En effet, un ouvrage de plus de 700 pages (ASA 1978), intitulé "Reclamation of Drastically Disturbed Lands" est consacré à la restauration de la production de ces terres. L'application des connaissances et de la technologie actuelles, qui peut entraîner des coûts de plusieurs ou de nombreux milliers de dollars par hectare, permet de satisfaire aux normes, mentionnées ci-dessus, qui sont énoncées dans la politique de l'Alberta sur le charbon.

Contamination toxique

Outre les précipitations acides, les terres agricoles reçoivent certains produits toxiques ou contaminants. Les véhicules automobiles émettent encore aujourd'hui des particules de plomb dont les accumulations constituent une contamination importante le long des axes routiers à circulation dense. On s'inquiète de plus en plus des effets du plomb sur la santé; les aliments sont la principale source d'absorption.

Les problèmes d'évacuation des eaux usées augmentent en proportion de la croissance des villes, et une des méthodes d'évacuation des eaux usées consiste à les utiliser pour l'irrigation ou pour l'épandage sous forme de boues sur les terres agricoles qui profitent ainsi de l'azote et des autres nutriments contenus dans ces eaux. Toutefois, les eaux d'égout peuvent contenir du cadmium et d'autres contaminants sous forme de métaux lourds sans parler des organismes pathogènes. Il faut donc procéder à des évaluations scrupuleuses avant de mettre sur pied tout programme destiné à évacuer des eaux usées sur les terres agricoles et il est souhaitable en plus d'exercer une étroite surveillance des produits de ces terres.

Éducation, recherche et vulgarisation dans le domaine de l'agriculture

La technologie agricole davantage perfectionnée requiert des agronomes hautement qualifiés pour procéder à des recherches et à de la vulgarisation et exige que les agriculteurs soient toujours mieux formés. De nos jours, les agriculteurs les plus prospères exploitent des entreprises qui utilisent un capital de plus de 200 000 $. Il est donc nécessaire que les résultats fiables des recherches leur soient transmis par un personnel bien renseigné en matière de vulgarisation. Ces agriculteurs doivent avoir une excellente scolarité en vue d'appliquer efficacement les informations techniques reçues.

L'insuffisance des services fournis par les provinces des Prairies en matière de recherche et de vulgarisation agricoles, qui se comparent pourtant plutôt favorablement avec les mêmes services offerts dans le reste du Canada, est illustrée aux figures 3 et 4 ainsi qu'au tableau 3.

Politiques économiques pour l'agriculture

Le niveau et la stabilité des revenus des agriculteurs influencent grandement les programmes agricoles qu'ils suivent. Les résultats du questionnaire, présentés à la page 16 du présent rapport, révèlent une situation fâcheuse. L'incapacité trop fréquente des agriculteurs de mettre en pratique les méthodes recommandées pour la conservation et l'entretien des sols, est attribuée au fait qu'ils ne sont pas certains que les investissements nécessaires à la mise en application de ces méthodes soient rentables. Il est donc essentiel d'établir des politiques économiques pour l'agriculture qui encourageront les agriculteurs à maintenir la productivité de leurs fermes plus efficacement qu'ils ne le font actuellement dans de nombreux cas.

Les incertitudes économiques font hésiter les jeunes gens à se lancer dans l'exploitation agricole et par conséquent, le taux de recrutement des jeunes gens dans ce domaine est faible.

FACTEURS NATURELS OU EXTERNES

Les sols, le climat, les marchés et les caractéristiques démographiques des agriculteurs influencent considérablement les types et le succès des exploitations agricoles dans différentes régions agro-écologiques.

À peine cinq pour cent de la superficie des terres du Canada font partie des classes 1 à 3 d'aptitude agricole établies par l'ITC. Moins de 12 pour cent de toutes les régions du Canada, dotées d'un potentiel agricole quelconque, jouissent d'un climat propice à l'agriculture, et considéré comme "passable" ou meilleur (Simpson-Lewis et al. 1982). Les meilleures régions pour ce qui est des sols et du climat, sont celles qui semblent le plus menacées par les conversions à d'autres fins, et le nombre restreint de ces terres d'excellente qualité constitue un aspect naturel et mal évalué de la scène canadienne.

Les agriculteurs canadiens composent un groupe en voie de vieillissement. En 1976, plus de 58 pour cent des agriculteurs étaient âgés de plus de 44 ans (Agriculture Canada, 1981). À titre de groupe par conséquent, les agriculteurs ont tendance à être traditionnalistes et à résister aux changements. Leur degré moyen de scolarisation est inférieur à celui de la main-d'oeuvre de presque toutes les autres occupations au Canada. Ces caractéristiques des agriculteurs canadiens constituent des handicaps naturels à l'adoption et à l'application de méthodes améliorées de conservation et d'entretien des sols.

Il faut reconnaître qu'une grande partie de l'incertitude économique — cycle de prospérité et de crise — résulte du fait qu'environ 30 pour cent de la production agricole du Canada est exportée. Les marchés internationaux sur lesquels le Canada n'a aucun contrôle, influencent très fortement l'agriculture canadienne. L'absence de programmes de protection au Canada ainsi que les incertitudes des marchés internationaux portent atteinte à la conservation et à l'entretien des sols au Canada.

LES POINTS DE VUE DES PÉDOLOGUES

Depuis quelques années, les pédologues s'inquiètent de plus en plus du maintien de la productivité des terres agricoles au Canada. Ces préoccupations sont clairement exprimées depuis 1975 par les thèmes et les sujets abordés au cours des ateliers annuels des provinces sur la pédologie. Comme le mentionnait un pédologue en février 1983 : "Il y a cinq ans, personne ne parlait de dégradation des sols; de nos jours, tout le monde est concerné par cette question".

Il en va de même aux États-Unis. Le "Christian Science Monitor", un journal éminent, a consacré plusieurs reportages sur la dégradation des terres agricoles. En 1983, "Science" (Larson et al. 1983) ainsi que "Scientific American" (Batie et Healy 1983) ont publié des articles de fond consacrés respectivement à l'érosion des sols et aux perspectives de rendement soutenu de la production agricole américaine. En mars 1983, "l'American Society of Agronomy" a tenu à l'échelle nationale un symposium pour les pédologues et les agronomes sur le sujet suivant: "L'érosion des sols et la productivité des cultures".

En vue de connaître les opinions d'un nombre considérable de pédologues et d'autres agronomes concernant la dégradation des terres actuellement cultivées et pour évaluer leurs points de vue sur la préservation de ces terres dans l'Ouest du Canada, deux questionnaires ont été utilisés.

Opinions sur la dégradation

Le premier questionnaire demandait aux répondants de donner leurs opinions sur l'importance relative des principaux types de dégradation des terres cultivées dans diverses écozones en fonction des différents types d'exploitation. On leur a également demandé de classer la gravité de chaque type de dégradation décelée de la manière suivante : faible, moyenne ou élevée. Les résultats présentés sous forme de tableau ont été convertis en cotes numériques qui permettent les calculs d'un type de classement comparatif basé sur les deux évaluations. Les résultats sont résumés au tableau 4.

Il faut souligner que le tableau 4 tente simplement d'établir des cotes numériques pour les opinions qui ne relèvent d'aucune méthode scientifique. Toutefois, la quantification des facteurs de dégradation des sols est extrêmement difficile à établir — d'où l'absence de données techniques précises! Ainsi, les chiffres figurant au tableau 4 indiquent au moins les opinions d'un petit nombre de pédologues en 1983 et semblent justifier certaines conclusions.

- Globalement, l'érosion des sols est jugée comme la forme la plus importante de dégradation.
- On considère que, sauf dans les zones irriguées, la réduction de la teneur en matières organiques des sols est le deuxième type de dégradation le plus grave.
- À l'exception des écozones arborées, la salinisation est considérée comme aussi grave que la réduction de la teneur en matières organiques, voire même plus grave pour les sols irrigués.
- À l'exception des cultures spécialisées sur les sols irrigués, le compactage est une forme de dégradation dont la cote est plutôt basse.

Opinions sur le maintien de la productivité

Le deuxième questionnaire comprenait trois questions. Voici l'introduction à ce questionnaire et les deux premières questions ainsi que les résultats obtenus des 26 répondants et présentés sous forme de pourcentage :

La crise énergétique, la réduction de la teneur en matières organiques de nombreuses terres agricoles et divers facteurs économiques ont été récemment et sont actuellement parmi les causes de certains changements nets dans la perception de l'agriculture dans l'Ouest du Canada.

1. Votre opinion concernant le maintien de la productivité de nos terres agricoles a-t-elle changé au cours des cinq dernières années?

   31 % Non — 69 % Oui — Dans l'affirmative : 56 % sont plus optimistes; 44 % moins optimistes.

2. En termes généraux pour l'Ouest du Canada, quelle est votre opinion actuelle concernant le maintien de la productivité des terres actuellement cultivées :

   42 % : la productivité sera maintenue.
   35 % : la productivité augmentera.
   15 % : la productivité commencera à diminuer dans un avenir rapproché.
    8 % : la productivité est déjà en voie de diminution.

Ces résultats montrent clairement que les agronomes répondants ne sont pas d'accord sur le maintien de la productivité des terres agricoles dans les Prairies. S'il fallait résumer les opinions en une seule phrase, l'on pourrait dire à l'exemple de Batie et Healy (1983) : "Globalement, il semble y avoir un optimisme prudent".

Opinions concernant la conservation des sols

La troisième question du deuxième questionnaire cherchait à savoir pourquoi les méthodes recommandées de conservation des sols ne sont pas employées par de nombreux agriculteurs des Prairies. Les réponses présentées sous forme de tableau, sur une base de pondération pour le classement, ont été transformées en cotes numériques et sont inscrites ci-dessous dans la question telle qu'elle a été posée aux 26 répondants.

De nombreux agronomes croient que les techniques de conservation et d'entretien des sols, qui sont bien connues et qui ont fait leur preuve, ne sont pas employées de façon convenable par bon nombre d'agriculteurs.

Veuillez coter dans l'ordre d'importance (1, 2, 3, etc.) les éléments suivants qui expliquent pourquoi les agriculteurs n'emploient pas davantage les techniques de conservation et d'entretien des sols.

82 : les méthodes recommandées sont perçues comme peu pratiques.
135 : les méthodes d'entretien des sols sont coûteuses et la rentabilité de ces investissements est incertaine.
63 : les méthodes recommandées sont trop difficiles à employer.
89 : les recommandations n'ont pas été éprouvées dans le cadre des dures réalités d'une vraie ferme.
104 : attachement aux idées anciennes, résistance aux changements.
*63 : autres causes.

Si les opinions exprimées ci-dessus sont même approximativement exactes, il semble qu'il soit nécessaire d'établir de nouvelles politiques et de nouveaux programmes de conservation des sols si les agriculteurs des Prairies doivent être encouragés et aidés à adopter généralement des techniques de conservation et d'entretien des sols qui soient efficaces, pratiques et attrayantes du point de vue économique. Les agronomes ne constituent pas le seul groupe de personnes professant ces opinions. En décembre 1982, la Fédération canadienne de l'agriculture a tenu un atelier sur la conservation des sols. Le rapport de cet atelier est annexé (annexe 2), parce qu'il illustre tellement bien la nécessité — et l'urgence! — d'établir de nouvelles politiques et de nouveaux programmes de conservation des sols au Canada.

Énoncé sommaire sur les attitudes

Voici un énoncé sommaire des attitudes ou un aperçu fondé sur des contacts personnels, la documentation actuelle et les questionnaires. Les pédologues reconnaissent que certaines terres dégradées par l'érosion, la salinisation ou d'autres causes, ne peuvent être remises dans leur état original de productivité à des coûts abordables. Toutefois, globalement, on pense avec optimisme que l'application des techniques actuelles pourrait assurer le maintien, ou dans de nombreux cas l'augmentation des potentiels de production de la plupart des terres agricoles du Canada.

*' Voici les autres causes" énumérées : peur des risques, le système de quota des céréales, l'absence de données de recherche à long terme, les recommandations n'ont pas été ajustées en fonction des fermes plus importantes, la résignation à un mode de vie, mauvais services de vulgarisation (plusieurs fois), pressions à court terme (plusieurs fois), la dégradation est peu visible ou non décelée.

RÉSUMÉ

Pendant trop longtemps, ont persisté les mythes selon lesquels les ressources des terres agricoles du Canada "étaient presque illimitées" et la fertilité des sols des Prairies "était presque inépuisable". Toutefois, au cours des dernières années, on s'est de plus en plus préoccupé du maintien de la productivité d'une grande partie des terres agricoles du Canada. Il a été montré de façon indiscutable que la dégradation massive des sols s'est produite et continue de se produire sur de vastes étendues de nos terres agricoles.

Centre et Est du Canada

Dans le centre et l'Est du Canada, la dégradation des sols est attribuable principalement à : la réduction de la teneur en matières organiques des terres cultivées, l'érosion des sols qui réduit la fertilité et empêche l'ameublissement, l'acidification due à l'utilisation des engrais azotés et des "pluies acides", et le compactage du sol qui empêche l'infiltration de l'humidité, l'aération, le développement et la pénétration des racines. La culture intensive en ligne, comme la production continuelle de maïs ou la rotation de maïs et de soja est un grand sujet de préoccupation en raison de l'érosion accélérée qui s'ensuit et de la réduction de l'ameublissement du sol.

Provinces des Prairies et Colombie-Britannique

Dans les Prairies, les principales formes de dégradation des terres agricoles sont les suivantes : l'érosion des sols, la réduction de la teneur en matières organiques et la salinisation due à l'irrigation ou au "suintement d'eau saline dans les terres sèches", la difficulté d'obtenir l'ameublissement des sols et dans certaines régions, l'acidification des sols à cause de l'utilisation des engrais azotés, acidification qui réduit le rendement. Un organisme public, l'"Administration du rétablissement agricole des Prairies" (ARAP) a estimé que la valeur actuelle cumulative, à un taux d'escompte de cinq pour cent, des bénéfices qui pourraient être procurés entre 1983 et l'an 2000 par la lutte contre la salinité, l'érosion des sols et la diminution des matières organiques dans les sols, dans les Prairies, s'élèverait à environ 3.2 $ milliards. La méthode répandue de la jachère est de loin la cause la plus importante de dégradation des sols dans les Prairies.

En Colombie-Britannique, la détérioration des sols actuellement utilisés est principalement attribuable à l'érosion, l'acidification et le compactage.

Conversions et perturbations

Les conversions inutiles de terres agricoles de haute qualité à des fins non agricoles préoccupent également de plus en plus les spécialistes au Canada et dans le monde entier! Une grande partie des excellentes terres agricoles au Canada se trouvent à peu de distance des principales villes canadiennes. La conversion d'un nombre important de ces terres à des fins non agricoles, réduit l'autosuffisance agricole des provinces et seules les Prairies sont autosuffisantes dans ce domaine sur une base commerciale nette. En outre, le remplacement des potentiels perdus de production agricole, dans le voisinage des villes par le développement de terres plus éloignées de qualité inférieure, augmente les coûts des aliments parce que les coûts unitaires de la production agricole augmentent en raison de l'utilisation de terres moins fertiles (sans parler de l'investissement en terres).

L'exploitation minière à ciel ouvert, les pipelines et les autres perturbations graves des terres ainsi que les activités industrielles connexes ont des répercussions néfastes sur des superficies importantes de terres agricoles dans certaines parties du Canada. Les lois plutôt récentes visant à mettre de l'ordre dans ces activités et exigeant la remise en valeur lorsque cela est possible, étaient plus que nécessaires.

Problèmes

La détérioration passée et actuelle des terres agricoles exploitées au Canada découle de plusieurs problèmes permanents.

- L'absence de recherche dans le domaine agricole pour quantifier les problèmes en cause et l'incapacité de trouver des solutions techniques pratiques pour les régler.
- Il n'a pas été suffisamment démontré et mis de l'avant que les méthodes agricoles connues de conservation et d'entretien des sols produisaient des avantages économiques réels.
- Les cycles permanents de "prospérité et crise économique" font hésiter les agriculteurs à investir dans des méthodes de conservation et d'entretien des sols, en raison des incertitudes entourant la rentabilité de ces investissements.
- La répugnance de la société contemporaine à sévir de façon exemplaire contre ceux qui abusent de façon inexcusable et se servent mal des ressources des terres.

CONCLUSIONS

Les auteurs de ce rapport croient qu'il est urgent que les gouvernements canadiens établissent des politiques et des programmes globaux, permanents et à long terme au sujet de la conservation des sols afin d'assurer le maintien soutenu de la productivité des terres agricoles du Canada.

Pour ce faire, il faut persuader la société qu'il est nécessaire d'établir les programmes proposés — et que les avantages seront réels!

Tableau 1. L'utilisation des engrais dans l'Ouest du Canada a augmenté de façon considérable au cours de la période allant de 1938 à 1979. Les conditions économiques ont provoqué certaines variations marquées. (Adapté de Horner et al. 1980.)*

Année	Achats de nutriments végétaux en milliers de tonnes			
	Azote (N)	Phosphore (P_2O_5)	Potassium (K_2O)	Soufre (S)
1938	1	4	—	—
1948	6	25	—	—
1958	15	30	—	—
1968	190	230	—	—
1970	110	100	6	26
1972	160	150	13	33
1974	300	290	9	43
1976	360	275	18	38
1977	370	250	26	37
1978	480	320	32	37
1979	590	375	42	40

* Données arrondies

Tableau 2. Classes du potentiel agricole des terres classées (ITC) et conversions de celles-ci.

	Pourcentages des terres classées selon le potentiel agricole (ITC)[1]			Pourcentages des conversions à des fins urbaines (Selon la classification des terres 1966-1976)[2]		
	1-3[3]	4-6	7	1-3[3]	4-6	Autres[4]
Colombie-Britannique	5	45	50	20	31	49
Alberta	27	62	11	66	19	15
Saskatchewan	52	48	—	78	11	11
Manitoba	40	52	8	92	8	—
Ontario	30	23	47	78	14	8
Québec	8	16	76	51	34	15
Nouveau-Brunswick	19	54	27	25	47	28
Nouvelle-Écosse	22	10	68	42	9	49
Île-du-Prince-Édouard	72	23	5	100	—	—
Terre-Neuve	.07	47	52	—	58	42
Canada	25	42	33	62	22	16

[1] Adapté de Simpson-Lewis et al. 1982 (tableau 2).
[2] Adapté de Warren et Rump 1981 (tableau 14 et figure 8).
[3] Les classes 1 à 3 (ITC) comprennent les terres agricoles les meilleures ou "de premier choix".
[4] Classe 7 (ITC) + matières organiques + autres terres.

Tableau 3. Comparaison des services des agronomes pour les activités relatives aux sols. (Adapté de ARAP 1983.)

Par année d'agronome	Montana	Saskatchewan
Nombre d'unités agricoles desservies	434	1 392
Hectares de terres cultivées	124 000	378 400
Valeur des récoltes produites	10 M $	47 M $

Tableau 4. Opinions concernant la dégradation des terres dans les Prairies. Réponses à un questionnaire.

	Écozone des Prairies				Écozone boréale
	Agriculture par irrigation		Production de céréales	Agriculture mixte	Agriculture mixte
	Mixte	Spécialisée			
Nombre d'opinions	13	6	23	21	17
Types de dégradation	Pourcentage de la cote la plus défavorable possible*				
Érosion du sol	61	69	78	78	79
Réduction des matières organiques du sol	40	40	67	62	57
Salinisation	73	56	66	58	25
Acidification produite par des engrais	36	48	21	20	41
Compactage du sol	18	35	10	9	14

* La "cote la plus défavorable possible" (100 %) aurait été donnée si tous les répondants avaient attribué le premier rang à un facteur de dégradation et si tous avaient également attribué pour ce facteur une cote "élevée" pour sa gravité.

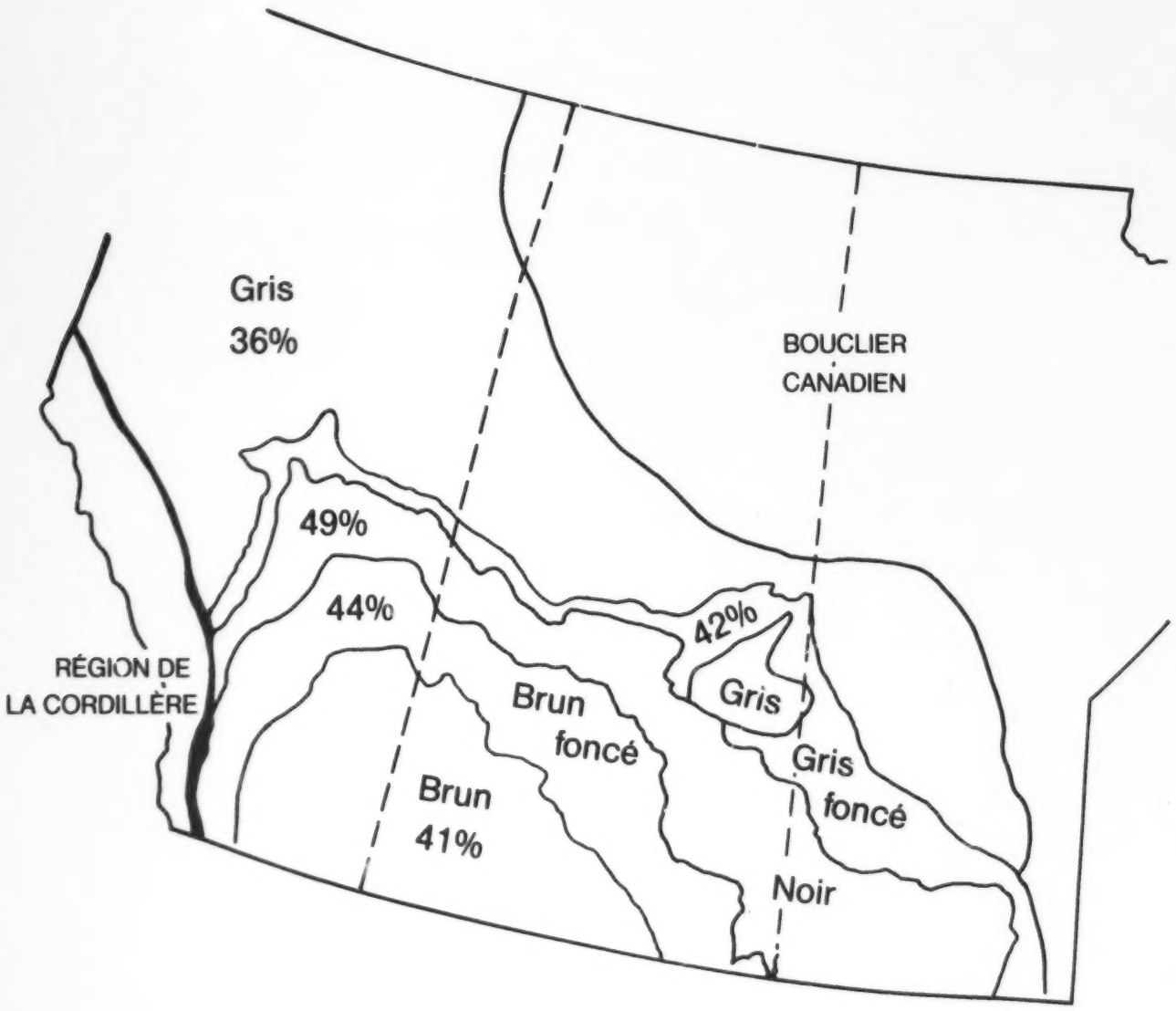

Figure 1. Pourcentage des pertes de matières organiques des sols appartenant aux horizons A dans les diverses zones des Prairies canadiennes. (Tiré de McGill *et al.* dans ASSWS 1981.)

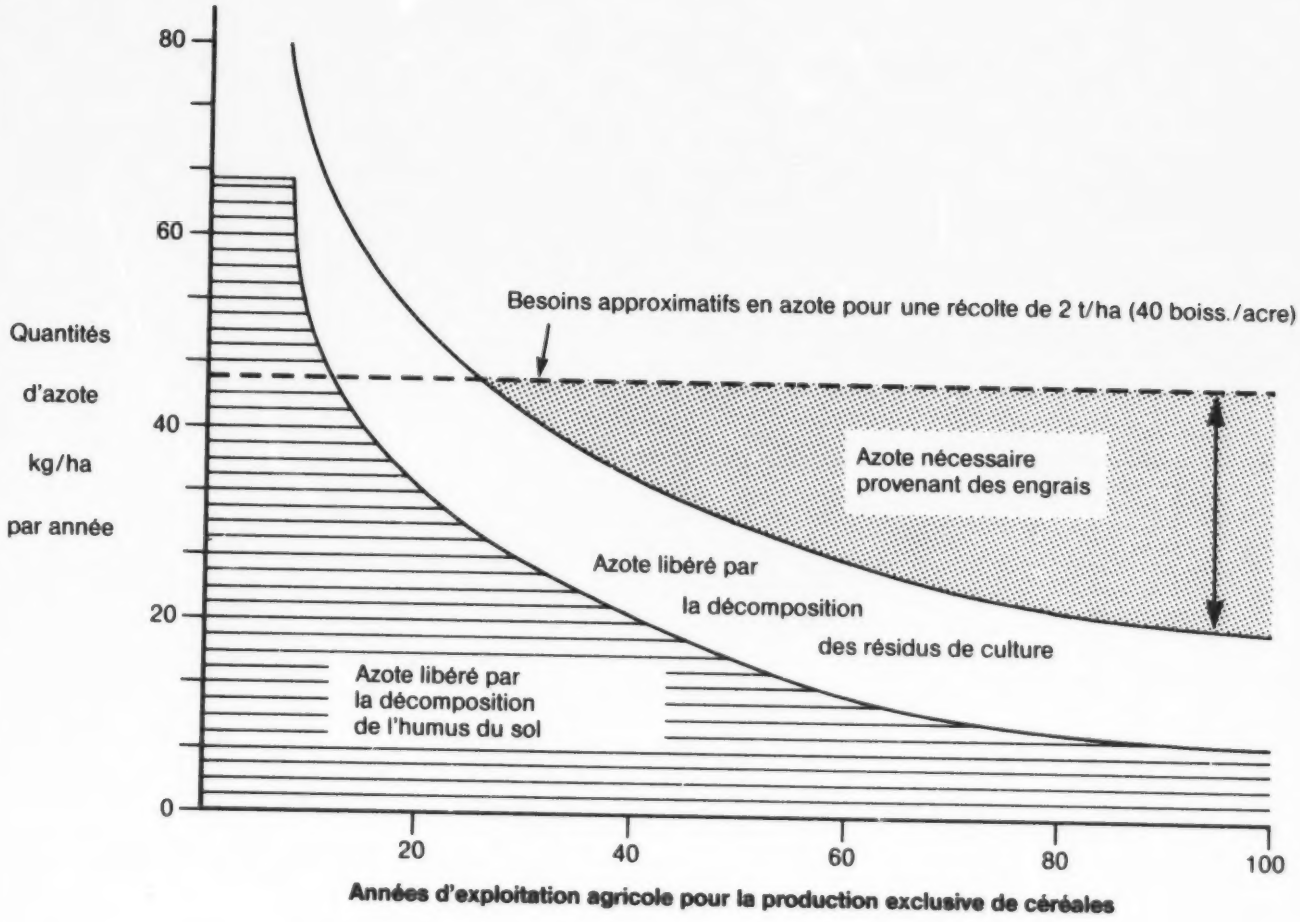

Figure 2. Diagramme des sources approximatives d'azote nécessaires pour maintenir la production céréalière à environ 2 t/ha (40 boiss./acre) d'orge, selon un système de production continuelle de céréales dans la région des Prairies. (Adapté de AFB 1982.)
N.B.: Ce diagramme représente la dose nécessaire aux cultures et non le taux d'épandage. Ce dernier devrait être plus élevé en raison des pertes dûes à la dénitrification et au lessivage.

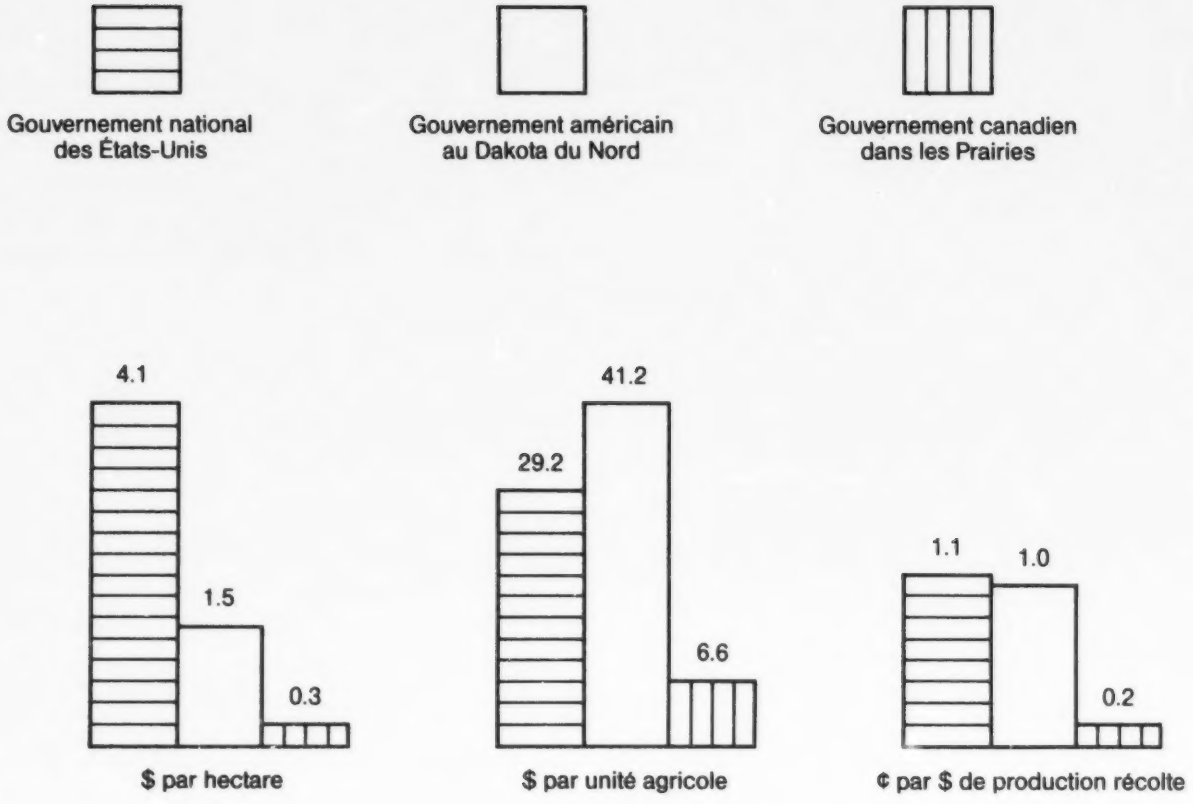

Figure 3. Comparaison des dépenses faites par le Gouvernement fédéral américain pour la conservation des sols et des eaux avec les dépenses faites par le Gouvernement fédéral canadien pour les Prairies, 1979. (Adapté de ARAP 1983.)

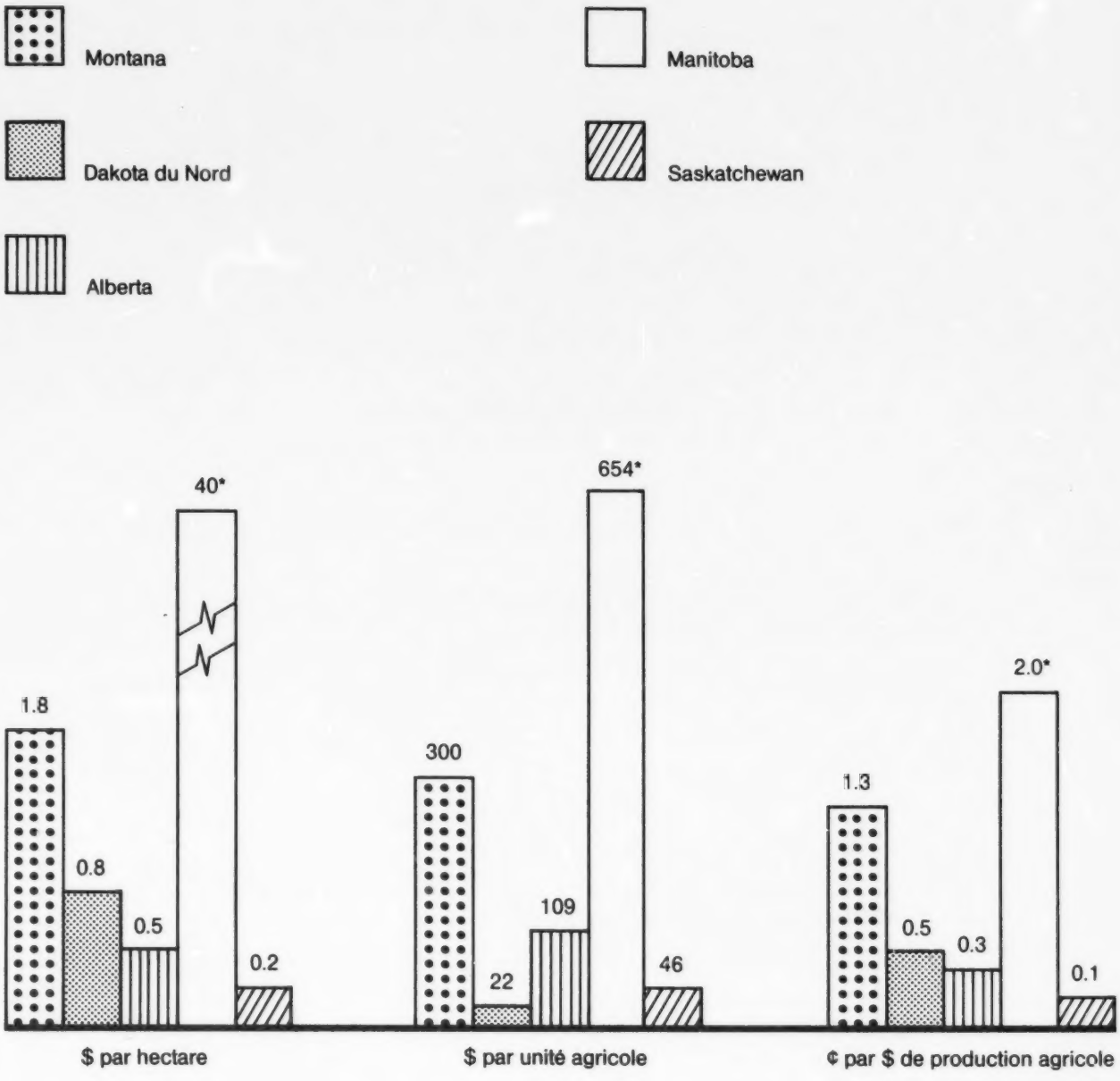

Figure 4. Comparaison des dépenses faites pour la conservation des sols et des eaux en 1979 par les provinces des Prairies et par des États voisins. (Tiré de ARAP 1983.)

*La majeure partie des dépenses du Manitoba ont été consacrées au drainage des terres humides ou des zones soumises à l'inondation.

BIBLIOGRAPHIE

AFB. 1982. Soil Science. Agriculture and Forestry Bulletin, Univ. de l'Alberta, Edmonton. 5(4): pp. 22-39.

Agriculture Canada. 1981. Données statistiques agricoles canadiennes et provinciales. Publication nº 81/2. Agriculture Canada, Ottawa.

Anonyme. 1983. Phosphate survey, fall 1982. Better Crops 67.

ASA. 1978. Reclamation of drastically disturbed lands. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.

ASSWS. 1981. Agricultural land, our disappearing heritage. Procès-verbaux de l'atelier Alberta Soil Science, Alberta Agriculture, Edmonton.

Batie, S.S. and Healy, R.G. 1983. The future of American agriculture. Scientific American 248(3): pp. 45-53.

Bentley, C.F., Hennig, A.M.F., Peters, T.W. et Walker, D.R. 1971. Gray Wooded soils and their management. Bulletin B-71-1, Extension Faculty, Univ. de l'Alberta, Edmonton.

Brown, L.R. 1978. The worldwide loss of cropland. Worldwatch, Washington, D.C.

Brown, L.R. 1979. Food or fuel: new competition for the world's cropland. Worldwatch, Washington, D.C.

Campbell, C.A. and Souster, W. 1982. Loss of organic matter and potentially mineralizable nitrogen from Saskatchewan soils due to cropping. Can. J. Soil Sci. 62: pp. 651-656.

Cardwell, V.B. 1982. Fifty years of Minnesota corn production: sources of yield increases. Agron. J. 74: pp. 984-990.

Coote, D.R., Dumanski, J. et Ramsey, J.F. 1980. Une évaluation de la dégradation des terres agricoles au Canada. L'Institut de recherche sur les terres, Agriculture Canada, Ottawa.

CSEB. 1982. Agriculture and the environment. Procès-verbaux de la conférence, Canadian Society of Environmental Biologists, Alberta Chapter, Univ. de l'Alberta, Edmonton.

De Jong, E., Villar, H. et Bettany, J.R. 1982. Preliminary investigations on the use of 137 Cs to estimate erosion in Saskatchewan. Can. J. Soil Sci. 64: pp. 673-684.

Eckholm, E. and Brown, L.R. 1977. Spreading deserts — the hand of man. Worldwatch, Washington, D.C.

Hoffman, W.D. 1971. The assessment of soil productivity for agriculture. ARDA Rapport nº 4, Univ. de Guelph, Guelph (Ontario).

Horner, W.H. et al. 1980. Western Canadian agriculture to 1990. Canada West Foundation, Calgary (Alberta).

Hoyt, P.B., Nyborg, M. et Penney, D.C. 1974. Farming acid soils in Alberta and northeastern British Columbia. Public. 1521, Agriculture Canada, Ottawa.

Hoyt, P.B., Nyborg, M. et Ukrainetz, H. 1981. Degradation by acidification. Procès-verbaux de l'atelier Alberta Soil Science, Alberta Agriculture, Edmonton.

ISSS. 1982. Bulletin of the International Society of Soil Science. No. 62. Wageningen, The Netherlands.

La Brosse, G. and McSorley, E. 1981. Les échanges agricoles du Canada. Public. n° 81/4. Agriculture Canada, Ottawa.

Larson, W.E., Pierce, F.J. et Dowdy, R.H. 1983. The threat of soil erosion to long-term crop production. Science 219: pp. 458-465.

Lilley, John. 1982. Dryland salinity in Alberta. Conseil de l'environnement de l'Alberta, Edmonton.

Marshall, I.B. 1982. L'exploitation minière, l'utilisation des terres et l'environnement : Vue d'ensemble sur le Canada. Direction générale des terres, Série d'utilisation des terres au Canada n° 22, Environnement Canada, Ottawa.

Paul, C.L. et De Vries, J. 1983. Soil trafficability in spring. 2. Prediction and the effect of drainage. Can. J. Soil Sci. 63: pp. 27-35.

PFRA. 1983. Land degradation and soil conservation issues on the Canadian prairies: An overview. Prairie Farm Rehabilitation Administration, Regina (Saskatchewan).

Pillsbury, A.F. 1981. The salinity of rivers. Scientific American 245(1): pp. 55-65.

Pimentel, D. et al. 1976. Land degradation effects on food and energy resources. Science 94: 149-155.

Sanderson, Kim. 1982. Soil fertility, land productivity, and dryland salinity in Alberta: Summary. Conseil de l'environnement de l'Alberta, Edmonton.

Simpson-Lewis, Wendy et al. 1982. Les terres de choix du Canada : Une étude sélective de l'utilisation des terres dans une perspective nationale. Dossiers cartographiques nº 4, Direction générale des terres, Environnement Canada, Ottawa, Canada.

Thompson, Peggy S. 1981. Urbanization of agricultural land. Conseil de l'environnement de l'Alberta, Edmonton (Alberta).

Vander Pluym, H.S.A. 1978. Extent, causes and control of dryland saline seepage in the northern Great Plains region of North America. Proceedings, Sub-commission on Salt-affected Soils, 11th International Soil Science Congress, Edmonton.

Vander Pluym, H.S.A., Paterson, B. et Holm, H.M. 1981. Degradation by salinization. Procès-verbaux de l'atelier Alberta Soil Science, Alberta Agriculture, Edmonton.

Wall, G. et Driver, G.R. 1982. Cropland soil erosion: estimated cost to agriculture in Ontario. Ontario Instit. of Pedology, Univ. de Guelph, Guelph (Ontario).

Warren, C.L. et Rump, P.C. 1980. Urbanisation des terres rurales au Canada : 1966-71 et 1971-76. Série d'utilisation des terres au Canada nº 20, Direction générale des terres, Environnement Canada, Ottawa.

Weaver, G.D., Nilsson, M.J. et Turney, R.E. 1982. Prospects for the prairie grain industry, 1990. Conseil des grains du Canada, Winnipeg (Manitoba).

CHARTE MONDIALE DES SOLS

La Conférence mondiale de l'alimentation de 1974 qui s'est tenue à Rome, recommandait de confier à l'Organisation pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) la tâche d'élaborer une charte mondiale des sols ayant pour objet d'établir les principes qui serviront de base à l'utilisation plus rationnelle des ressources pédologiques mondiales. Lors de la vingt et unième session de la Conférence de la FAO, tenue à Rome en 1981, la Charte mondiale des sols fut officiellement adoptée. Le Dr R. Dudal, directeur de la Division de la mise en valeur des terres et des eaux de la FAO, a soumis une copie de la Charte au Comité de direction de l'SISS (Société internationale de la science du sol) lors du 12e Congrès général à New Delhi en février 1982. La Charte se fonde sur les principes suivants:

1. Parmi les principales ressources dont l'homme dispose se trouve la terre, qui comprend le sol et l'eau, et la vie végétale et animale qui leur est associée. L'emploi de ces ressources ne doit pas entraîner leur dégradation ou leur destruction car l'existence de l'homme est liée au maintien de leur productivité.

2. Vu l'importance fondamentale des ressources en terres pour la survie et le bien-être des peuples et pour l'indépendance économique des pays, vu aussi le besoin rapidement croissant d'intensifier la production alimentaire, il est impératif de donner une priorité élevée aux initiatives visant à encourager l'utilisation optimale des terres, à conserver et à améliorer la productivité des sols et à conserver les ressources pédologiques.

3. On entend par "dégradation des sols" la perte partielle ou totale de la productivité, quantitative ou qualitative sinon les deux, résultant de phénomènes tels que l'érosion du sol par le vent ou par l'eau, la salinisation, l'engorgement, la disparition des éléments nutritifs, la détérioration de la structure du sol, la désertification et la pollution. En outre, de vastes étendues de sol sont perdues chaque jour au profit d'utilisations non agricoles. Tous ces faits, si l'on pense à la nécessité urgente d'accroître la production de vivres, de fibres et de bois, sont alarmants.

4. La dégradation des sols affecte directement l'agriculture et la foresterie en diminuant les rendements, en perturbant les régimes hydrologiques, mais souvent aussi d'autres secteurs de l'économie, y compris l'industrie et le commerce, et l'environnement dans son ensemble sont sérieusement touchés, par exemple par des crues ou par l'envasement des rivières, des barrages et des ports.

5. Une des grandes responsabilités des gouvernements est de faire en sorte que les programmes d'utilisation des terres englobent des mesures visant à exploiter au mieux les terres, à conserver et à améliorer à long terme leur productivité, tout en évitant des pertes de sol productif. Il conviendrait d'associer à ces efforts les utilisateurs des terres eux-mêmes, pour s'assurer ainsi que toutes les ressources disponibles sont utilisées de la façon le plus rationnelle possible.

6. Les conditions essentielles pour assurer une bonne utilisation des terres sont la fourniture de stimulants appropriés aux exploitants et l'existence d'un cadre institutionnel et juridique adéquat.

7. L'aide apportée aux agriculteurs et autres usagers des terres doit avoir un caractère pratique, être axée sur les services et favoriser l'adoption de bonnes méthodes d'exploitation des terres.

8. Certaines structures foncières peuvent faire obstacle à l'adoption de saines mesures d'aménagement et de conservation des sols sur les exploitations. Il conviendrait de chercher des solutions pour surmonter ces obstacles, en tenant compte des droits, devoirs et responsabilités des propriétaires fonciers, des fermiers et des utilisateurs des terres indistinctement.

9. Les utilisateurs des terres et le grand public devraient être convenablement informés de la nécessité d'améliorer la productivité et la conservation des sols, et des moyens d'y parvenir. Il faudrait mettre tout particulièrement l'accent sur les programmes d'éducation et de vulgarisation et sur la formation agricole à tous les niveaux.

10. Pour assurer l'utilisation optimale des terres, il est indispensable d'évaluer les ressources pédologiques du point de vue de leur aptitude à recevoir différents niveaux d'intrants en vue d'utilisations différenciées — agriculture, pâturages, forêts.

11. Les formes d'utilisation des terres dotées d'un riche potentiel doivent rester souples afin de ne pas compromettre pour longtemps, voire à jamais, les futures options. L'utilisation de la terre à des fins non agricoles doit être organisée de manière à éviter, dans toute la mesure possible, l'occupation ou la dégradation définitive de sols de bonne qualité.

12. Les formes d'utilisation et de gestion de la terre et de ses ressources doivent être choisies en fonction des avantages que l'on peut en tirer à long terme et non d'un profit immédiat qui conduirait à la surexploitation, à la dégradation et, éventuellement, à la destruction de ressources pédologiques.

13. La mise en valeur des terres doit prévoir, dès le stade de la planification, des mesures de conservation des terres, dont les coûts doivent être inscrits dans les budgets de planification du développement.

RAPPORT DU COLLOQUE SUR LA CONSERVATION DU SOL 8 ET 9 DÉCEMBRE 1982, OTTAWA

(Fédération canadienne de l'agriculture)

Partout au pays, tant à l'échelon national que régional, on note une détérioration des terres agricoles canadiennes. Au fil des ans et jusqu'à aujourd'hui, cette détérioration est passée inaperçue en raison de la croissance de la production agricole attribuable aux progrès scientifiques et techniques accomplis dans les domaines de la machinerie, des engrais et des variétés, et le reste. Cependant, tout indique que la détérioration des terres se poursuit par la perte du sol de surface, la déplétion de la matière organique et la dégradation de la structure du sol ainsi qu'un déséquilibre chimique et nutritif de celui-ci. Les agriculteurs canadiens et le grand public doivent mettre un frein à cette détérioration et renverser la situation. Indubitablement, tout échec se révélera très coûteux à long terme tant au point de vue économique que social et environnemental. Il est essentiel d'amorcer un vaste programme et de s'attaquer au problème sans relâche, sur tous les fronts. Si les problèmes, et leurs solutions actuelles et possibles, sont de par nature de longue haleine, ils sont aussi parvenus à un point critique. La question doit être étudiée sous tous ses angles.

Dans un contexte aussi vaste, la simplicité et la généralisation doivent céder la place à une complexité de plus en plus grande. Comprendre le problème ne signifie pas trouver un coupable et lui jeter le blâme, car on ne peut passer sous silence ni aisément tenir compte des pressions économiques et techniques et des impératifs qui sont le lot de l'agriculture moderne. Les pratiques culturales actuelles ont un effet néfaste sur les terres. Notre objectif devrait être de parvenir à comprendre comment il est possible de cultiver le sol en fonction de son potentiel pour assurer une production soutenue. Le travail du sol constitue le noeud du problème puisque celui-ci dérive principalement de la culture des terres, pourtant les méthodes qui s'y rapportent doivent être adaptées aux exigences fort variées du sol et du climat ainsi qu'aux contraintes économiques essentielles à une production rentable. En disant cela cependant, nous ne faisons qu'effleurer la situation.

Parler de complexité n'est pas un cri de désespoir. Il s'agit simplement de souligner le fait que les efforts visant à préserver le sol doivent être d'envergure nationale, mais être mis en pratique à l'échelon régional et local. Ces efforts doivent aussi être soutenus et systématiques.

Sans aucun doute, les années 1970 se sont caractérisées par un intérêt croissant pour les problèmes de conservation du sol et par une meilleure perception des multiples facettes et des dimensions communes de ces problèmes, même si cet intérêt n'est pas nouveau en soi. Malgré cela, ces derniers restent au bas des préoccupations des agriculteurs, des responsables de l'élaboration des politiques, des vulgarisateurs et du grand public. À l'origine de cela se trouvent la productivité croissante des agriculteurs canadiens (comme nous l'avons déjà souligné), les pressions économiques qui obligent le producteur à rentabiliser au maximum son entreprise et à se contenter de gains à court terme qui sont fréquemment incompatibles avec de bonnes méthodes de conservation, la nature progressive du processus de dégradation et le fort intérêt, compréhensible il est vrai, que les agriculteurs et les associations auxquelles ils appartiennent portent aux questions qui touchent les produits agricoles, mais ne sont pas directement reliées aux problèmes de conservation. Par ailleurs, gouvernements et universités accordent également peu d'importance à cette question dans leurs budgets. C'est pourquoi le manque ou l'insuffisance de personnel universitaire assigné à l'enseignement et à la recherche en conservation des sols devraient être corrigés au plus vite.

Néanmoins, les agriculteurs, les chercheurs, les gouvernements et beaucoup de particuliers se penchent de plus en plus sur la conservation du sol en raison des risques de plus en plus apparents que peuvent poser ces problèmes s'ils ne sont pas résolus. Ce sont, pour n'en nommer que quelques-uns, l'érosion éolienne et hydrique, la salinisation, la déplétion de la matière organique, le compactage et le durcissement du sol ainsi que les problèmes externes de sédimentation dans les réseaux de drainage, les dégâts causés à l'environnement et la pollution due aux précipitations acides. Les participants au colloque ont conclu de ce regain d'intérêt qu'il faudrait accentuer et étendre les programmes pratiques et la sensibilisation du public et des agriculteurs. Comment y parvenir de la meilleure façon possible a été l'objet principal du colloque.

Pour mener une telle tâche à bien, il est essentiel d'adopter une stratégie qui repose sur une approche équilibrée et raisonnable. Il faut clairement établir la nécessité, voire l'urgence, de se mettre au travail pour que la qualité des terres arables canadiennes puisse être préservée de façon permanente pour l'avenir.

Les problèmes de conservation auxquels doit faire face la collectivité agricole dérivent de l'adoption des nouvelles techniques par les agriculteurs ainsi que des pressions et des occasions qui découlent du système moderne de production et de mise en marché. Dans l'est du Canada, l'abandon des systèmes d'assolement classiques pour la monoculture, les coûts et les difficultés liés à l'adoption ou au maintien des pratiques de culture conservatrices face à la mécanisation à

grande échelle, les problèmes économiques que pose l'emploi d'une récolte accrue de fourrage et la séparation des productions végétales et animales entrent tous dans le tableau. Dans l'Ouest, on reconnaît de plus en plus les effets néfastes de la jachère d'été et du travail du sol en ce qui concerne l'érosion et la dégradation des terres, et l'on recherche les systèmes et les techniques qui permettraient d'éliminer ou de modifier ces effets pour en discuter le plus rapidement possible. Ces observations ne font qu'illustrer une situation très complexe et son évolution.

Il est clair, d'après nos connaissances actuelles, qu'un grand nombre d'agriculteurs pourraient considérablement améliorer leurs pratiques de conservation et en retirer un avantage même à court terme. Vu sous cet angle, le problème consiste à faire comprendre la situation au producteur et à poursuivre des efforts de sensibilisation, de vulgarisation et d'illustration pour favoriser l'adoption de meilleures techniques.

D'après nos connaissances actuelles, on constate également que s'il est possible d'améliorer considérablement les pratiques de conservation, un tel effort se heurterait à de véritables contraintes économiques, parfois en raison des forts capitaux à investir, parfois à la suite d'une baisse du revenu à court terme et parfois parce que les risques associés à une importante modification du système agricole sont inacceptables. On comprend souvent mal l'économique de la conservation du sol, il faut entreprendre des recherches.

Il serait aussi possible d'améliorer les pratiques de conservation au moyen de méthodes en partie non testées ou qui n'ont pas été assez bien développées et adaptées en fonction des nombreuses caractéristiques particulières du sol, du climat et des cultures. Cet élément joue un rôle prépondérant dans le problème de la salinisation et l'élaboration de méthodes satisfaisantes de non-travail ou de travail minimum du sol. D'un autre côté, certains problèmes ont une origine externe à l'agriculture, l'exemple le plus évident de cela étant les régions touchées par les précipitations acides.

Il existe un besoin certain pour la création de nouvelles cultures que l'on pourrait économiquement utiliser en rotation (par exemple avec la pomme de terre dans les Maritimes) et pour le développement de marchés et de systèmes de commercialisation propres aux fourrages cultivés en assolement, en particulier les légumineuses.

La mesure dans laquelle les agriculteurs adoptent de bonnes pratiques de conservation varie beaucoup. Un grand nombre d'entre eux suivent de telles pratiques, mais il faut admettre que si la conservation du sol témoigne en partie d'une meilleure gestion et d'un intérêt plus poussé pour les terres et leur exploitation, elle peut aussi dépendre des circonstances économiques et de la capacité du producteur à laisser de côté l'optimisation à court terme de ses revenus dans l'intérêt de la conservation à long terme du sol. En outre, on doit reconnaître que les agriculteurs sont souvent une importante source d'innovations en matière de techniques de conservation.

On dit souvent, non sans raison, que nous avons déjà les connaissances fondamentales pour préciser la nature des sols, les dommages que subissent ceux-ci et les mesures à adopter pour mettre un frein et remédier à la situation. Cependant, il est faux de croire que nous possédons la réponse à toutes les questions et qu'il ne reste plus qu'à entreprendre une campagne de sensibilisation, aussi vaste soit-elle. De fait, on se rend compte de plus en plus qu'il faut développer une approche systémique pour venir à bout des problèmes de conservation. Il est essentiel d'identifier complètement les incidences environnementales et les interrelations des problèmes de conservation du sol; toutes les parties concernées doivent collaborer et il faut amorcer des recherches et des travaux de développement pour comprendre la nature des problèmes propres à chaque situation et adopter les techniques adéquates après en avoir exploré les aspects économiques et examiné les solutions de rechange. Pour cela, il faudra beaucoup de recherches et d'études.

Signalons en passant que le Comité canadien sur les ressources du territoire est un organisme important sur le plan de la coordination des programmes gouvernementaux et universitaires. Ce comité pourrait donc jouer un rôle très utile dans le domaine qui nous intéresse en rassemblant la documentation sur les problèmes actuels de conservation des sols, les techniques correctrices existantes, les programmes en place et les besoins de recherche.

La nature et la signification des contraintes économiques qui affectent les objectifs de conservation ont été largement débattues. Tel qu'indiqué précédemment, un aspect de ces contraintes est la nécessité d'analyser de façon plus approfondie les conséquences économiques de l'application des découvertes scientifiques et des nouvelles techniques de conservation, puisque certaines de celles-ci peuvent entraîner une importante modification des pratiques culturales. Ce principe a fait l'unanimité et un des participants a suggéré qu'un changement fondamental d'optique, par exemple passer de la maximisation de la production à la maximisation des profits agricoles par un choix méticuleux des possibilités d'investissement, mérite d'être étudié.

Bien sûr, on se demande encore si les programmes d'aide financière ou les moyens d'encouragement aux agriculteurs sont nécessaires et si oui, dans quelle mesure. Pendant le colloque, un point de vue évident était que de tels programmes sont nécessaires pour diverses raisons, dont les suivantes: l'hypothèse que l'adoption de nouvelles techniques dont la valeur n'a pas été entièrement prouvée ou qui ne sont pas utilisées universellement présente certains risques; le stimulus nécessaire pour rompre avec le conservatisme des agriculteurs

en ce qui concerne l'adoption de techniques nouvelles; l'acceptation, par le public, d'une partie des coûts, en particulier des coûts à court terme, associés à l'adoption de techniques que le producteur juge peu économiques, mais qui peuvent avoir des avantages à long terme pour le public; et l'acceptation par le gouvernement des coûts dérivant de circonstances incontrôlables comme la fréquence des précipitations acides.

Plusieurs participants pensent que si les agriculteurs avaient un revenu adéquat et étaient assurés de le toucher, ils suivraient de meilleures techniques d'exploitation des terres. On a cependant remis en question le fait qu'une telle sécurité financière garantirait une exploitation rationnelle des terres. Enfin, le rôle des règlements et des amendes a soulevé plusieurs questions qui n'ont pas été résolues, mais de toute évidence devraient faire l'objet d'études plus poussées et de décisions.

Les participants au colloque ont souligné que la coordination des efforts est particulièrement importante et qu'un aspect vite négligé du problème est l'examen soigneux des répercussions que les programmes et les politiques agricoles existants, ainsi que les lois fiscales applicables à l'agriculture, ont sur les politiques propres à la conservation des sols. Un tel examen devrait porter sur les politiques et les programmes tant en place que proposés. Il est possible que l'on parvienne souvent à trouver d'autres solutions ou à modifier les plans projetés pour atténuer l'impact négatif de ces programmes et de ces politiques sur l'adoption de bonnes pratiques de conservation ou renforcer leurs effets positifs.

En ce qui concerne l'apport financier du gouvernement, on se demande si l'importance des problèmes de conservation ne justifierait pas des coupures dans d'autres programmes agricoles. À cela, certains participants ont répondu qu'il faut examiner les priorités de financement agricole dans le contexte plus vaste des priorités en matière de dépenses publiques.

En ce qui concerne le développement d'une politique adéquate sur la conservation des sols au Canada, les participants au colloque ont identifié clairement les priorités suivantes:

- La mise en oeuvre de programmes de sensibilisation et d'information pour mieux faire comprendre au grand public la nature de nos besoins et de nos problèmes en matière de conservation du sol et les exigences relatives à leur résolution. À ce sujet, il faut préciser qu'au cours du colloque, on a beaucoup insisté sur le fait qu'il faudrait reconnaître le besoin d'examiner les problèmes de conservation de façon systématique, en tenant compte de tous leurs aspects environnementaux et de leurs retombées socio-économiques.

  Un effort déterminé pour que les associations locales d'agriculteurs soient à la base des programmes de conservation et prennent les décisions sur l'utilisation des fonds disponibles.

- La nécessité que les plus hautes instances politiques et les communautés s'engagent à adopter des objectifs visant à la conservation maximum des ressources, et en particulier des terres arables.

- L'introduction efficace, dans les maisons d'enseignement et en particulier les écoles primaires, de cours sur la conservation du sol et de l'eau et la formation adéquate de professeurs que cela implique.

- Une consolidation beaucoup plus importante des travaux de vulgarisation et de sensibilisation agricole relativement aux besoins, aux questions et aux programmes de conservation.

- L'intensification des programmes de recherche, en particulier des programmes multidisciplinaires, en vue de mettre au point des programmes et des techniques adaptées aux problèmes et aux situations topiques et fort variés dont il faudra tenir compte pour mener à bien les travaux de conservation.

Comité d'action nationale sur la conservation des sols

Les participants au colloque se sont demandé s'il faudrait, le cas échéant, créer de nouveaux organismes ou mécanismes nationaux pour assurer la mise en oeuvre d'un programme plus important et mieux coordonné en matière de conservation du sol.

En premier lieu, les participants ont établi qu'un organisme à structure très bureaucratisée serait superflu, tout comme le serait un organisme qui concurrencerait ou remplacerait les institutions ou les organisations existantes. Ils ont cependant conclu qu'il subsistait un besoin réel pour un petit groupe national comprenant essentiellement des représentants d'associations agricoles, mais aussi des professionnels des diverses régions et disciplines concernées, de façon à répondre au besoin, non comblé à l'heure actuelle, de surveillance dynamique et de stimulation des activités. Un tel groupe se tiendrait au courant de l'évolution des programmes, des projets et des problèmes et faciliterait le choix d'un mode d'action pour surmonter les difficultés liées à la conservation des sols.

Il permettrait aussi de meilleures communications avec les associations agricoles, les gouvernements, les universités et d'autres organismes et entre ceux-ci; enfin, il favoriserait une coordination efficace des efforts et rendrait le public plus sensible aux exigences d'une politique sur la conservation du sol. Le groupe demanderait peu de fonds et de personnel, mais ne serait pas très structuré ni institutionnalisé. Les participants se sont entendu pour confier à la Fédération canadienne de l'agriculture la création d'un comité de ce genre, en consultation avec le président du Comité canadien sur les ressources du territoire et d'autres personnes, puis la recherche des fonds nécessaires pour en financier les activités.

QUESTIONNAIRES

Possibilités de maintenir la production agricole des terres cultivées

La crise de l'énergie, la perte de matières organiques dans de nombreuses terres en culture et divers facteurs économiques sont depuis quelque temps l'une des causes de certaines transformations de la façon de percevoir l'agriculture dans l'ouest du Canada.

1. Votre opinion quant aux possibilités de maintenir la productivité de nos terres en culture ont-elles changé au cours des cinq dernières années?

   ____ Oui Si oui: ____ plus optimiste ____ moins optismiste

   ____ Non

2. Que pensez-vous actuellement des possibilités de maintenir la productivité des terres en culture (de façon générale, pour tout l'Ouest canadien)?

   ____ la productivité sera maintenue

   ____ la productivité augmentera

   ____ la productivité commencera bientôt à baisser

   ____ la productivité est déjà à la baisse

3. De nombreux agronomes sont d'avis que beaucoup d'agriculteurs n'ont pas suffisamment recours aux techniques (pourtant bien connues et éprouvées) de protection et de conservation des sols.

   Veuillez classer en ordre d'importance 1, 2, 3, etc. les raisons de la réticence des agriculteurs à utiliser davantage les techniques de protection et de conservation des sols:

   ____ les méthodes recommandées sont jugées peu pratiques

   ____ les pratiques de conservation des sols coûtent cher et l'on ne sait pas si une telle dépense en vaut la peine

   ____ les méthodes recommandées sont trop difficiles à utiliser

   ____ les méthodes recommandées n'ont pas fait leurs preuves dans les dures conditions d'une exploitation agricole réelle

   ____ on reste fidèle aux vieilles idées; on a peur du changement

   ____ autres raisons (veuillez préciser)

Date _____ Nom _____

Poste – occupation _____ Adresse _____

_____ _____

_____

Interactions agrico-environnementales

_____ **Écozone** _____ **Type de culture**

Catégories d'interactions

1. Effets de ce type de culture sur les terres
2. Pressions exercées sur ce type de culture par des agents extérieurs (naturels et humains)
3. Effets secondaires de ce type de culture sur l'environnement

Veuillez classer des deux façons suivantes les facteurs susmentionnés (et ceux que vous voudrez ajouter, dans les espaces réservés à cette fin):

- Dans la case de gauche, veuillez classer selon leur gravité (1, 2, 3, etc.) seulement les facteurs qui, à votre avis, ont une grande importance pour une écozone et pour un type d'agriculture donnés.
- Dans l'espace réservé à la droite de chaque facteur, veuillez le classer selon son intensité, avec l'une des cotes suivantes:

F (faible); M (moyenne); É (élevée).

☐ Érosion

☐ Perte de matières organiques ____

☐ Acidification causée par les engrais ____

☐ Compactage du sol ____

☐ Salinisation

☐ _____

☐ _____

☐ _____

☐ _____

☐ Conversion permanente de l'utilisation des terres, à d'autres fins ____

☐ Réglementation de type urbain ____

Contaminations chimiques:

☐ acides ____

☐ toxiques ____

Dommages météorologiques:

☐ gel ____

☐ sécheresse ____

☐ Dommages causés par la faune ____

☐ Spéculation foncière ____

☐ _____

☐ _____

Contamination de l'eau:

☐ par des sédiments ____

☐ par des produits chimiques ____

☐ par les excréments (solides et liquides) du cheptel ____

Contamination de l'air:

☐ par des poussières ____

☐ par des produits chimiques pulvérisés ____

☐ par des odeurs ____

☐ _____

☐ _____

☐ _____

☐ _____

Date _____ Nom _____

Poste – occupation _____ Adresse _____

_____ _____

_____

_____